چھٹا حصہ

فزکس

متفرقہ موضوعات

قدیر قریشی

پیشکش: سائنس کی دُنیا

زیر نظر پی ڈی ایف ہمارے فیس بک گروپ "سائنس کی دُنیا" میں گزشتہ بارہ برسوں کے دوران کئے گئے سائنسی مواد کو مرتب کرنے کی ایک کوشش ہے۔ یہ فائل جناب **قدیر قریشی** صاحب کے ان مضامین پر مشتمل ہے جو فزکس جیسے سنجیدہ موضوع کو دلچسپ اور قابل فہم بنادیتے ہیں۔

یہ اس سلسلے کی چھٹی فائل ہے، ابتدائی حصے پہلے ہی قارئین تک پہنچ چکے ہیں اور ان کے گوگل ڈرائیو لنکس فائل کے آخر میں دیے گیے ہیں۔ آئندہ مزید موضوعات پر مبنی فائلیں بھی اسی سلسلے میں پیش کی جائیں گی ۔ کہ یہ کاروانِ علم رکے نہیں، بڑھے!

انتظامیہ: سائنس کی دُنیا
14-Sep-2025

Science Ki Duniya; 1

https://www.facebook.com/groups/ScienceKiDuniya

Science Ki Duniya; 2

https://www.facebook.com/groups/duniyaescience

YouTube Channel

https://www.youtube.com/@sciencekiduniyagroup

WhatsApp Channel

https://whatsapp.com/channel/0029VaQxhefDTkJviMBBs21p

Blog

https://sciencekiduniyagroup.blogspot.com/

Digital Library

https://archive.org/details/@science_ki_duniya

فہرست مضامین

کوانٹم فزکس کیا ہے؟

کوانٹم فزکس اس حقیقت کا بیان ہے کہ ایٹم اور اس کے بنیادی ذرات کے لیول پر فطرت کے قوانین ہماری توقع اور تجربے کے بالکل خلاف ہیں۔ جب بیسویں صدی کے آغاز میں ٹیکنالوجی اس قابل ہو گئی کہ ہم ایٹم کی اندرونی ساخت کا مشاہدہ کر سکیں تو ہمیں یہ معلوم ہوا کہ ایٹم کی خصوصیات بہت عجیب و غریب ہیں اور بڑے اجسام کی خصوصیات سے بالکل مختلف ہیں۔ خاص طور پر ایٹمز کی یہ خاصیت خاصی حیرت ناک ہے کہ ایٹم جب کوئی توانائی جذب کرتا ہے یا توانائی خارج کرتا ہے تو یہ توانائی ہمیشہ ایک مخصوص مقدار میں ہوتی ہے، نہ کبھی اس سے کم اور نہ اس سے زیادہ۔ مختلف عناصر کے ایٹمز میں یہ مقدار مختلف ہوتی ہے لیکن ایک ہی عنصر کے تمام ایٹمز جب بھی توانائی جذب کرتے ہیں یا خارج کرتے ہیں تو اس توانائی کی مقدار ہمیشہ ایک ہی ہوتی ہے۔

آہستہ آہستہ ہمیں یہ علم ہونے لگا کہ اس قسم کے مظاہر اس لئے ہوتے ہیں کہ ایٹم اور بنیادی ذرات کے لیول پر طبعی سسٹمز میں بہت کم ڈگریز آف فریڈم (degrees of freedom) ہوتی ہیں۔ ڈگریز آف فریڈم کا مطلب یہ ہے کہ کوئی سسٹم کس طرح سے حرکت کر سکتا ہے یا تھرتھرا سکتا ہے۔ مثال کے طور پر ایک بنیادی پارٹیکل سپیس میں تین سمتوں میں حرکت کر سکتا ہے (اوپر نیچے، دائیں بائیں، اور آگے پیچھے)۔ بنیادی پارٹیکلز کا کوئی اندرونی اسٹرکچر نہیں ہوتا، ان کی کوئی خاص شکل نہیں ہوتی اور نہ ہی انہیں مزید تقسیم کیا جا سکتا ہے۔ بنیادی پارٹیکلز اپنی شکل تبدیل نہیں کر سکتے، اپنی جسامت تبدیل نہیں کر سکتے، اپنا ماس تبدیل نہیں کر سکتے۔ تین سمتوں میں حرکت کے علاوہ ان پارٹیکلز کے پاس تبدیلی کا اور کوئی آپشن موجود نہیں ہوتا۔

ہمارے عمومی تجربے کے برخلاف جن سسٹمز میں ڈگریز آف فریڈم بہت کم ہوتی ہیں ان کی پوزیشن یا ان کی رفتار واضح طور پر ڈیفائنڈ نہیں ہوتی۔ چنانچہ کسی بھی وقت ان کی حالت کو بہت سے امکانات یعنی probability کی مجموعی صورت میں بیان کیا جاتا ہے جسے ان تمام امکانات کی سپرپوزیشن کہا جاتا ہے۔ اسے ان ذرات کی کوانٹم سٹیٹ بھی کہا جا سکتا ہے۔

اس کے برعکس عام استعمال کی چیزیں، جنہیں ہم کلاسیکل فزکس میں بیان کرتے ہیں، بہت سے ایٹمز سے مل کر بنتی ہیں جس وجہ سے ان کے پاس بہت زیادہ ڈگریز آف فریڈم ہوتی ہیں۔ چنانچہ ان تمام انفرادی ایٹموں کی کوانٹم سٹیٹ، یعنی امکانیات کی سپرپوزیشن، جب ایک دوسرے سے تعاملات کرتی ہیں تو ان کا مجموعی نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ ہم ان کا اوسط ہی دیکھ پاتے ہیں۔ اس اوسط کو ہم کلاسیکل behavior کہتے ہیں جس کا تجربہ ہم روزمرہ کی اشیاء کے مشاہدوں میں کرتے ہیں۔ اس وجہ سے ہم کسی بڑے جسم کے ایٹموں کی انفرادی کوانٹم سپرپوزیشنز کو عام مشاہدہ میں نہیں دیکھ پاتے جبکہ بڑے اجسام مثلاً کرکٹ کے بال، گاڑیاں، لوگ اور جانور کی حرکات کے مشاہدات میں ان کی پوزیشن اور رفتار کو انتہائی precise طریقے سے بیان کیا جا سکتا ہے۔ انفرادی بنیادی پارٹیکلز کی پوزیشن یا رفتار کو اس طور پر یعنی انتہائی precise طریقے سے صرف اس وقت بیان کیا جا سکتا ہے جب وہ کسی بڑے جسم کے ساتھ تعاملات کریں۔ جس کی وجہ سے ان پارٹیکلز کی صرف ایک ہی حالت مشاہدے میں آتی ہے۔

خاموش! صرف کیلکولیٹ کرو (کوانٹم فزکس)

کلاسیکل فزکس خاصا سیدھا سادا اور آسان سبجیکٹ ہے۔ اگرچہ اس کے لیے آپ کو ریاضی میں مہارت حاصل کرنا ہوتی ہے لیکن فزکس بنیادی طور پر مادی اجسام کی حرکات و سکنات کی پیش گوئی کرنے کا نام ہے۔ مثلاً 'جو چیز اوپر پھینکی جائے وہ اسی رفتار سے نیچے بھی آتی ہے' یا 'گیند کو جتنی زور سے ہٹ کریں گے وہ اتنی ہی دور جائے گی' وغیرہ۔ اس قسم کے بیانات آسانی سے سمجھے جاسکتے ہیں اور انہیں سمجھنے کے لیے ریاضی کے پیچیدہ فارمولوں کی ضرورت نہیں پڑتی۔

لیکن پچھلے سو سالوں میں فزکس نے ایسے انتہائی پیچیدہ مظاہر پر بھی تحقیق کی ہے جو عام مشاہدے میں نہیں آتے۔ مثال کے طور پر انتہائی تیز رفتار اجسام کی حرکات کو کیسے سمجھا جاسکتا ہے یا ایٹم یا اس سے چھوٹے ذرات کے آپسی تعاملات کن فطری قوانین کے تحت ہوتے ہیں۔ فزکس کی وہ شاخ جس میں ایٹم اور ایٹم سے کم جسامت کے اجسام کو سٹڈی کیا جاتا ہے اسے کوانٹم فزکس کا نام دیا گیا ہے۔ اگر آپ نے کوانٹم فزکس کے بارے میں کچھ سن رکھا ہے تو آپ نے شاید یہ بھی سن رکھا ہو گا کہ اس میں بلیلاں بیک وقت زندہ اور مردہ بھی ہو سکتی ہیں یا یہ کہ معروضی حقیقت آپ کے مشاہدہ کرنے سے پیدا ہوتی ہے۔ لیکن یہ سب باتیں بالکل بے بنیاد ہیں۔

کوانٹم فزکس کے بارے میں ایسی بے بنیاد باتیں پچھلی صدی کے آغاز میں بنیادی ذرات سے متعلق مشاہدات کی وضاحت کرنے کے لیے گھڑی گئی تھیں جب ہمیں کوانٹم فزکس کی سمجھ بہت کم تھی۔ یہ تصورات اب متروک ہو چکے ہیں لیکن بدقسمتی سے یہ تصورات ایسے لوگوں کے ذہنوں میں بھی سرایت کر گئے ہیں جنہیں سائنس میں تھوڑی بہت دلچسپی تو ضرور ہے لیکن انہیں کوانٹم فزکس کی سمجھ بالکل نہیں ہے۔ اس سے وہ لوگ فائدہ اٹھاتے ہیں جو کوانٹم فزکس کو روحانیات کے ساتھ خلط ملط کر کے لوگوں کو بیوقوف بنانے کی کوشش کرتے ہیں۔

تو آیئے دیکھتے ہیں کہ کوانٹم فزکس کیا ہے۔

کوانٹم فزکس کیا ہے؟

سب سے پہلے ہم کوانٹم فزکس کا نام سمجھنے کی کوشش کرتے ہیں۔ عام طور پر لفظ 'کوانٹم' غیر مسلسل اشیاء کے لئے استعمال ہوتا ہے یعنی ایسے discrete اجسام کے لیے جن کی تعداد کو گنا جاسکے۔ مثال کے طور پر کسی صحرا میں جائیں تو آپ کو دور دور تک ریت کے ٹیلے نظر آئیں گے لیکن اگر آپ ریت کو بغور دیکھیں تو ریت بہت سے چھوٹے چھوٹے ذرات پر مشتمل ہوتی ہے۔ ان میں سے ہر ذرّے کو الگ طور پر دیکھا جاسکتا ہے اور ان ذرات کو گنا جاسکتا ہے۔ چنانچہ ہم یہ کہہ سکتے ہیں کہ ریگستان کا کوانٹم ریت کا ذرہ ہے۔ اسی طرح اگر آپ سمندر کا تصور کریں تو یہ مائع حالت میں ہے لیکن ہم جانتے ہیں کہ پانی دراصل ہائیڈروجن اور آکسیجن سے بننے والے مالیکیولز پر مشتمل ہوتا ہے۔ چنانچہ ہم یہ کہہ سکتے ہیں کہ سمندر کا کوانٹم پانی کا مالیکیول ہے۔

اس کا مطلب صرف یہ ہے کہ ہم کوانٹم فزکس میں مسلسل یعنی continuous اجسام کو سٹڈی نہیں کرتے بلکہ غیر مسلسل یا discrete اجسام کو سٹڈی کرتے ہیں۔ میکینکس کا لفظ سمجھنا قدرے آسان ہے۔ اس کا مطلب صرف اجسام کی حرکات اور ان کے آپسی تعاملات کو سمجھنا ہے۔ گویا کوانٹم مکینکس ایٹم یا ایٹم سے چھوٹے ذرات کی حرکات اور ان کے آپسی تعاملات کو سٹڈی کرنے کا نام ہے۔ کوانٹم فزکس کے عجائبات کو سمجھنے کے لئے ہمیں ایٹم سے بھی چھوٹے اجسام کا مشاہدہ کرنا ہوتا ہے۔ کوانٹم فزکس کی مساوات میں پلانک کونسٹنٹ کا استعمال ہوتا ہے جو کہ ایک بہت ہی چھوٹا عدد ہے۔ اس وجہ سے کوانٹم مظاہر کے عجائبات بڑے پیمانے پر نظر نہیں آتے اور ان کا مشاہدہ صرف ایٹمی ذرات کے لیول پر ہی کیا جا سکتا ہے۔

ویو فنکشن

کوانٹم فزکس کا ایک بنیادی تصور ویو فنکشن کا ہے۔ بنیادی ذرات کا ویو فنکشن ریاضی کا ایک فارمولہ ہے جو کہ ان ذرات کے بارے میں پیشگوئیاں کرنے کے کام آتا ہے۔ اسے ویو فنکشن اس لیے کہا جاتا ہے کیونکہ الیکٹران اور فوٹان وغیرہ اگر آزاد حالت میں ہو یعنی کسی دوسرے پارٹیکل یا مرکزے سے تعامل نہ کر رہے ہوں تو ان کا ویو فنکشن عموماً سائن ویو (sinewave) کی طرح کا ہوتا ہے (بالکل اسی طرح جس طرح اے سی بجلی کی وولٹیج سائن ویو کی صورت میں ہوتی ہے)۔ کئی صورتوں میں الیکٹرانز کے ویو فنکشن کی شکل سائن ویو سے مختلف بھی ہو سکتی ہے۔ مثال کے طور پر جب الیکٹران کسی ایٹم کے مرکزے کے پاس ہوتا ہے تو اس کا ویو فنکشن سائن ویو سے بہت مختلف ہوتا ہے۔ لیکن فی الحال ہم ان تفصیلات کو نظر انداز کر سکتے ہیں اور آسانی کے لئے ویو فنکشن کو سائن ویو کے طور پر ہی تصور کریں گے۔

جب ہم بڑے ذرات مثلاً ریت یا مٹی کے ذرات کو سٹڈی کرتے ہیں تو ان کے بارے میں پیش گوئی کرنے کے لئے ہم انہیں صرف ذرات تصور کر سکتے ہیں اور ان کی حرکات کو کلاسیکل فزکس کے اصولوں سے سمجھ سکتے ہیں۔ لیکن جب ہم بنیادی ذرات یعنی سب اٹامک پارٹیکلز (Sub-atomic particles) کا ذکر کرتے ہیں تو ان کے بارے میں پیشگوئی کرنے کے لئے ہمارے پاس ویو فنکشن کے علاوہ اور کوئی طریقہ موجود نہیں ہے۔

اگر ہم کسی پارٹیکل کے ویو فنکشن کا مربع یعنی square کریں یعنی ویو فنکشن کے فارمولہ کو اسی کے ساتھ ضرب دیں تو جو جواب آتا ہے، وہ ہمیں یہ بتاتا ہے کہ یہ ذرہ کہاں کہاں پایا جا سکتا ہے۔ جہاں یہ مقدار بڑی ہو گی وہاں اس ذرے کے پائے جانے کا امکان زیادہ ہو گا اور جہاں اس ویو فنکشن کے square کی مقدار کم ہو گی وہاں اس ذرے کے پائے جانے کا امکان بھی کم ہو گا۔ جہاں یہ مقدار صفر ہے وہاں اس ذرے کے پائے جانے کا امکان بھی صفر ہو گا۔ گویا ویو فنکشن کا مربع اس ذرہ کے پائے جانے کے امکان کو ظاہر کرتا ہے۔

ویو فنکشن سے ایسا ظاہر ہوتا ہے گویا کوانٹم ذرات کسی ایک نقطے پر مرکوز یا localized نہیں ہوتے بلکہ سپیس میں پھیلے ہوتے ہیں۔ لیکن ہم جب بھی کسی کوانٹم ذرے کو ڈیٹیکٹ کرنے کی کوشش کرتے ہیں تو اسے ہمیشہ کسی مخصوص جگہ پر ایک نقطے یعنی پوائنٹ پارٹیکل کی صورت میں ہی پاتے ہیں اسے بیک وقت جگہ جگہ موجود نہیں پاتے۔ گویا جب ہم کسی پارٹیکل کو ڈیٹیکٹ کرتے ہیں تو اس کی سپیس میں پوزیشن مقید ہو جاتی ہے۔

سائنس دان ڈیٹیکشن کے اس عمل کو ویو فنکشن کا منہدم ہونا یعنی collapse of wave function کہتے ہیں۔ کوانٹم فزکس اور کلاسیکل فزکس میں یہ بنیادی فرق ہے کہ کوانٹم فزکس میں ڈیٹیکشن سے پہلے کسی ذرے کی کسی مخصوص جگہ پر موجودگی کے امکان یعنی probability کو تو بیان کیا جا سکتا ہے لیکن ہم سو فیصد یقین کے ساتھ پارٹیکل کی پوزیشن کی پیش گوئی نہیں کر سکتے۔

کلاسیکل مکینکس اور کوانٹم مکینکس کا فرق سمجھنے کے لیے لوڈو کے پانسے کی مثال لیجیے۔ جب آپ لوڈو کا پانسا یعنی dice پھینکتے ہیں تو معیاری پانسے میں ایک سے چھ تک کے نمبر والے پہلوؤں میں سے ہر پہلو کے اوپر آنے کا امکان ایک سا ہوتا ہے۔ پانسہ پھینکنے سے پہلے یہ جاننا مشکل ہوتا ہے کہ اس بار کون سا پہلو اوپر آئے گا۔ تاہم اگر ہم اس پانسے کے پھینکے جانے کی رفتار، جس سطح پر پانسہ پھینکا جا رہا ہے اس سطح کی رگڑ اور دوسری خصوصیات، ہوا کی مزاحمت وغیرہ کا علم رکھتے ہوں (جو کہ اصولاً ممکن ہے) تو ہم انتہائی اعتماد کے ساتھ اس بات کی پیش گوئی کر سکتے ہیں کہ اس بار پانسے کا کون سا پہلو اوپر آئے گا۔ لیکن کوانٹم فزکس میں ایسا نہیں ہوتا۔ ہم اصولاً بھی سو فیصد اعتماد کے ساتھ کسی ذرے کے کسی مخصوص مقام پر ہونے کی پیش گوئی نہیں کر سکتے۔ کیونکہ کوانٹم فزکس کے اصولوں کے مطابق وہ ذرہ پیمائش سے پہلے ہر جگہ بیک وقت موجود ہوتا ہے یعنی وہ ذرہ ایک نقطے کی طرح نہیں ہوتا بلکہ واقعی ایک لہر کی طرح ہر اس جگہ موجود ہوتا ہے جہاں ویو فنکشن کے square کی رُو سے اس کی موجودگی کا امکان صفر نہیں ہے۔ اصولی طور پر یہ ذرہ صرف اس جگہ موجود نہیں ہو گا جہاں ویو فنکش کے مربع کی قدر صفر ہے۔ اس کے علاوہ یہ ذرہ ہر جگہ موجود ہوتا ہے۔ صرف جب اسے ڈیٹیکٹ کیا جائے اس وقت اس کا ویو فنکشن یکایک تبدیل ہو جاتا ہے اور جس مقام پر ذرہ ڈیٹیکٹ ہو وہاں ویو فنکشن کے مربع کی قدر 1 ہو جاتی ہے اور باقی ہر جگہ اس کی قدر صفر ہو جاتی ہے۔ گویا ڈیٹیکٹ ہونے کے بعد اس ذرے کا ویو فنکشن ہر جگہ منہدم ہو جاتا ہے سوائے اس مقام کے جہاں پر وہ ذرہ ڈیٹیکٹ کیا گیا۔

سپرپوزیشن (Superposition)

کوانٹم پارٹیکلز کی ایک خصوصیت جو بڑے اجسام میں نہیں پائی جاتی اسے سپرپوزیشن کا نام دیا جاتا ہے۔ اگر آپ بجلی کے سوئچ (Switch) کو دیکھیں تو اگر یہ درست کام کر رہا ہے تو یا تو یہ 'آن' پوزیشن میں ہو گا یا پھر 'آف' پوزیشن میں۔ کوئی سوئچ بیک وقت آن اور آف کی پوزیشن میں نہیں ہو سکتا۔ لیکن کوانٹم پارٹیکلز میں یہ خاصیت ہے کہ جب تک وہ دوسرے پارٹیکلز سے تعاملات نہ کریں تب تک وہ آن اور آف پوزیشن میں بیک وقت رہ سکتے ہیں۔ مثال کے طور پر اگر کسی پارٹیکل کی سپن یا تو اوپر کی طرف ہو سکتی ہے یا پھر نیچے کی طرف، تو اس ذرے کی سپن مشاہدے سے قبل نہ تو اوپر کی طرف ہو گی اور نہ نیچے کی طرف بلکہ بیک وقت اوپر اور نیچے کی سمت میں یعنی اوپر اور نیچے کی سپرپوزیشن کی حالت میں ہو گی۔ اس مظہر کو بدیہی طور پر سمجھنا انتہائی مشکل ہے کیونکہ بڑے اجسام میں ایسی سٹیٹ نہیں پائی جاتی۔ ارتقائی طور پر ہمارا واسطہ کبھی اس قسم کی سٹیٹ سے نہیں پڑا اس لیے ہمارا دماغ اس مظہر کو سمجھنے کے لیے ارتقاء پذیر نہیں ہوا اور ہم اس مظہر کو کانسیپٹ کے لیول پر نہیں سمجھ سکتے۔ اس مظہر کو صرف ریاضی کی زبان میں ہی بیان کیا جا سکتا ہے۔

کوانٹم ٹنلنگ (Quantum Tunneling)

کوانٹم ٹنلنگ بھی کوانٹم فزکس کا ایک ایسا مظہر ہے جس کا کلاسیکل فزکس میں کوئی نعم البدل نہیں پایا جاتا۔ اگر آپ نے سکواش کا کھیل دیکھا ہو تو اس میں گیند کو کورٹ کی دیوار پر مارا جاتا ہے اور گیند ہمیشہ دیوار سے ٹکرا کر واپس آ جاتا ہے۔ کبھی دیوار کے پار نہیں چلا جاتا۔ لیکن اگر کسی بنیادی ذرے مثلاً الیکٹران کو اسی طرح کسی رکاوٹ سے بار بار ٹکرایا جائے تو بعض اوقات الیکٹران اس رکاوٹ کو پار کر کے دوسری طرح بھی جا سکتا ہے اگرچہ اس عمل میں رکاوٹ کو کوئی نقصان نہیں پہنچتا۔ یعنی رکاوٹ کو توڑے بغیر الیکٹران دوسری جانب نکل جاتا ہے۔

اس پراسیس کو کوانٹم ٹنلنگ کہا جاتا ہے۔ اس مظہر کی وضاحت بھی الیکٹران کے ویو فنکشن کی مدد سے کی جا سکتی ہے۔ الیکٹران کا ویو فنکشن لہروں کی طرح ہوتا ہے اور لہریں کسی کثیف میٹیریل سے ٹکرائیں تو لہروں کی کچھ توانائی منعکس ہو جاتی ہے جبکہ کچھ منعطف ہو کر اس میٹیریل سے گزر جاتی ہے۔ میٹیریل جتنا کثیف ہو گا اسی قدر انعکاس زیادہ اور انعطاف کم ہو گا۔ آپ خواہ کتنا ہی کثیف میٹیریل کیوں نہ بنا لیں، اس میں انعطاف کا امکان کم ضرور ہو تا جائے گا (یعنی ممکن ہے کہ 0.0001 فیصد سے بھی کم رہ جائے) لیکن صفر نہیں ہو پائے گا۔ اسی طرح الیکٹران کی بوچھاڑ کے سامنے خواہ کیسی ہی رکاوٹ کھڑی کر دیں، یہ امکان ہمیشہ موجود رہے گا کہ کچھ الیکٹران رکاوٹ کے پار نکل جائیں۔ اگر الیکٹران کی انرجی بڑھا دیں تو اس کے رکاوٹ پار کرنے کا امکان زیادہ ہو جائے گا۔

آپ کے پاس جو یو ایس بی ڈرائیو ہے اس میں فلیش میموری ہوتی ہے جو کوانٹم ٹنلنگ کے اصولوں پر ہی کام کرتی ہے۔

اینٹینگلمنٹ (Entanglement)

اگر آپ سمجھتے ہیں کہ سپر پوزیشن اور ٹنلنگ کے مظاہر حیران کن ہیں تو ذرا جگر تھام کر بیٹھیے۔ کوانٹم فزکس کا وہ مظہر جسے درست تسلیم کرنے کے لیے آئن سٹائن جیسا سائنس دان بھی تیار نہیں تھا اسے اینٹینگلمنٹ کہتے ہیں۔ یہ وہ مظہر ہے جس میں دو کوانٹم ذرات ایک مشترکہ سٹیٹ کے مالک ہوتے ہیں اور ایک دوسرے سے الگ ہونے کے بعد بھی اپنی مشترکہ سٹیٹ قائم رکھتے ہیں۔ مثال کے طور پر اگر دو الیکٹران اینٹینگلمنٹ میں ہیں تو ان کی انفرادی سپن کی کوئی واضح سٹیٹ موجود نہیں ہے (کیونکہ دونوں spin up اور spin down کی سپر پوزیشن میں ہیں یعنی ان میں سے کسی کی انفرادی سپن ڈیفائنڈ نہیں ہے)۔ اگر یہ الیکٹران ایک دوسرے سے کوسوں دور ہوں (اصولاً یہ دونوں الیکٹران ایک دوسرے سے ہزاروں نوری سال دور ہو سکتے ہیں) تو بھی تمام سائنس دان اس بات پر متفق ہیں کہ جب تک یہ الیکٹران entangled ہیں تب تک یہ ایک مشترکہ سٹیٹ کے حامل ہیں۔

اگر ایک دوسرے سے کوسوں دور entangled الیکٹرانز میں سے ایک کی سپن کی پیمائش کی جائے تو عین اسی وقت یہ اینٹینگلمنٹ ٹوٹ جاتی ہے جس سے دونوں الیکٹرانز ایک واضح سپن اختیار کر لیتے ہیں۔ صرف یہی نہیں بلکہ دونوں کی سپن ہمیشہ ایک دوسرے کی مخالف سمت میں ہی ہو گی۔ یعنی خواہ یہ دونوں ایک دوسرے سے ہزاروں نوری سال کے فاصلے پر ہی کیوں نہ ہوں، ایک الیکٹران کی سپن کی پیمائش سے ایک نینو سیکنڈ پہلے تک دونوں الیکٹرانز کی کوئی انفرادی سپن نہیں ہے صرف دونوں سپنز کی سپر پوزیشن ہے۔ لیکن ایک الیکٹران کی پیمائش کرتے ہی دونوں

الیکٹرانز کی سپن متعین ہو جاتی ہے اور دونوں کی سپن ہمیشہ ایک دوسرے کے الٹ ہی ہوتی ہے۔ اس بارے میں تمام سائنس دان متفق ہیں کہ ان الیکٹرانز کے درمیان روشنی کی رفتار سے زیادہ تیز رفتار کمیونیکیشن نہیں ہو رہی یعنی نظریہ اضافت کے بنیادی قانون کی خلاف ورزی نہیں ہو رہی جس کی رو سے روشنی کی رفتار سے زیادہ تیز انفارمیشن کی ترسیل ناممکن ہے۔

کیا ویو فنکشن کی بدیہی (intellectual) وضاحت کی جا سکتی ہے؟

تمام سائنس دان مندرجہ ذیل بیانات پر متفق ہیں:

- ویو فنکشن ریاضی کا ایک فارمولہ ہے جس کے مربع کی مقدار سے یہ معلوم ہوتا ہے کہ کسی مقام پر کوانٹم ذرات کے پائے جانے کا امکان کتنا ہے۔
- بنیادی ذرات سپیس میں پھیلے ہوتے ہیں اور بیک وقت ہر اس جگہ پر موجود ہوتے ہیں جہاں ان کی موجودگی کا امکان صفر نہیں ہے۔
- جب کسی بنیادی ذرے کا مشاہدہ کیا جاتا ہے تو اس کا ویو فنکشن منہدم ہو جاتا ہے اور وہ ذرہ مشاہدے کے وقت ایک ہی مقام پر پایا جاتا ہے۔

ان بیانات سے کسی سائنس دان کو اختلاف نہیں ہے۔ لیکن اگر آپ یہ سوال کریں کہ ویو فنکشن حقیقت میں کیا ہے تو اس کا جواب شاید یہ ہے کہ سو سال کی مسلسل تحقیق کے بعد بھی اس بارے میں سائنس دانوں میں کوئی اتفاق رائے نہیں ہے۔

بہت سے سائنس دان ویو فنکشن کی وضاحت کرنا ضروری نہیں سمجھتے۔ ان کی رائے میں ویو فنکشن کا کام پیش گوئیاں کرنا ہے اور ویو فنکشن کوانٹم پارٹیکلز کی خصوصیات کی پیش گوئیاں بہترین طور پر کرتا ہے۔ ان سائنس دانوں سے ہی کوانٹم فزکس کا وہ مقولہ منسوب ہے "Shut up and calculate" جس کا ترجمہ اس آرٹیکل کا ٹائیٹل ہے یعنی خاموش رہو اور کیلکولیٹ کرتے رہو۔ ایسے سائنس دان ویو فنکشن کی بدیہی وضاحت کی تلاش کو وقت کا ضیاع سمجھتے ہیں اور لوگوں کو ویو فنکشن کی وضاحت کی کوشش سے منع کرتے ہیں۔

لیکن بہت سے فلاسفرز اور سائنس دان اس رویے سے مطمئن نہیں ہیں اور وہ ویو فنکشن کی وضاحت کی کوششوں میں مصروف ہیں۔ کوانٹم فزکس کے تصورات نے روایتی فلسفے کی بنیادوں کو ہلا کر رکھ دیا ہے۔ خاص طور پر کوانٹم فزکس کی وجہ سے مقامی پن یعنی localization کا تصور بہت مبہم ہو گیا ہے۔ کئی فلاسفرز اس بات پر بحث میں مصروف ہیں کہ ویو فنکشن کی وجودی حیثیت یعنی ontology کیا ہے اور بنیادی ذرات کے بارے میں علم کیسے حاصل کیا جاتا ہے یعنی کوانٹم فزکس کی epistemology کیا ہے۔

کچھ سائنس دان ابھی تک اس بات پر مصر ہیں کہ کسی بھی پارٹیکل کا وجود صرف مشاہدے کے وقت ہی ظہور پذیر ہوتا ہے، مشاہدے سے پہلے پارٹیکل موجود نہیں ہوتا صرف پارٹیکل کا ویو فنکشن ہی موجود ہوتا ہے۔ ان سائنس دانوں کی رائے میں مشاہدے کا عمل صرف کوئی باشعور ہستی (مثلاً انسان) ہی کر سکتی ہے یعنی ویو فنکشن کے منہدم ہونے کے لیے یہ ضروری ہے کہ کوئی باشعور ہستی اس کا مشاہدہ کرے۔ البتہ یہ سوچ اب متروک ہوتی جا رہی ہے کیونکہ نہ صرف فلسفیانہ طور پر یہ سوچ سائنس کے بنیادی اصولوں کے خلاف ہے بلکہ اس سے بہت سے فلسفیانہ مسائل بھی

جنم لیتے ہیں۔ مثال کے طور پر کیا چاند صرف اس وقت موجود ہوتا ہے جب کوئی اسے دیکھ رہا ہو؟ اگر بالفرض دنیا کا کوئی بھی شخص چاند کو نہ دیکھ رہا ہو تو کیا چاند کا وجود ختم ہو جاتا ہے اور چاند کا صرف ویو فنکشن باقی رہ جاتا ہے؟

کچھ سائنس دانوں کا یہ خیال ہے کہ ویو فنکشن حقیقت میں ایک قسم کی لہریں ہیں جو کوانٹم ذرے کو دھکیل رہی ہیں بالکل اسی طرح جس طرح سمندر کی لہروں پر لوگ سرفنگ کرتے ہیں۔ اس مفروضے کو pilot wave hypothesis اور بعض اوقات hidden variable hypothesis کہا جاتا ہے۔ اگرچہ اس مفروضے کا کوئی مشاہداتی ثبوت میسر نہیں ہے اور اس کی فلسفیانہ بنیادوں کو تجربات سے غلط ثابت کیا جا چکا ہے لیکن کچھ سائنس دان اب بھی اس مفروضے کو درست سمجھتے ہیں۔

کچھ سائنس دانوں کا خیال ہے کہ کسی بھی ذرے کی خصوصیت (مثلاً spin) کا جب مشاہدہ کیا جاتا ہے (یعنی جب اس ذرے کا ویو فنکشن منہدم ہوتا ہے) تو پوری کائنات دو حصوں میں تقسیم ہو جاتی ہے جس میں سے ایک کائنات میں اس ذرے کی خصوصیت ایک ہوتی ہے اور دوسری کائنات میں اس کا الٹ۔ مثال کے طور پر اگر آپ کسی ذرے کی spin کی پیمائش کر رہے ہیں اور یہ سپن یا تو اوپر کی سمت ہو سکتی ہے یا پھر نیچے کی سمت، تو مشاہدے سے پہلے اس ذرے کی سپن اوپر اور نیچے کی سپن کی سپر پوزیشن میں ہو گی۔ عین مشاہدے کے لمحے پر کائنات دو کائناتوں میں تقسیم ہو جاتی ہے جس میں سے ایک میں اس ذرے کی سپن اوپر کی طرف پائی جاتی ہے اور دوسری کائنات میں نیچے کی طرف۔ اس مفروضے کو Many worlds interpretation کہا جاتا ہے۔ اگرچہ سطحی طور پر یہ مفروضہ انتہائی بودا اور بعید از عقل معلوم ہوتا ہے لیکن بہت سے سائنس دان باقی مفروضوں کی نسبت Many worlds interpretation کو سائنس کے عمومی اور بنیادی اصولوں سے زیادہ ہم آہنگ سمجھتے ہیں۔

اگر آپ یہ پوچھیں کہ ان میں سے کون سی توجیہہ درست ہے تو اس کا اصل جواب یہ ہے کہ اس سوال کا جواب کسی کے پاس نہیں ہے (اس سوال کا جواب کسی کے پاس نہیں کہ ان میں سے کون سی توجیہہ درست ہے)۔ ہم صرف یہی کہہ سکتے ہیں کہ کسی بھی کوانٹم ذرے کا ویو فنکشن اس ذرے کے کسی جگہ پر ہونے کے امکان کو اس قدر accuracy سے بیان کرتا ہے کہ ویو فنکشن کے درست ہونے میں کسی کو شک نہیں ہے۔ لیکن ویو فنکشن ہے کیا چیز، اس کی سمجھ فی الحال کسی کو نہیں ہے۔

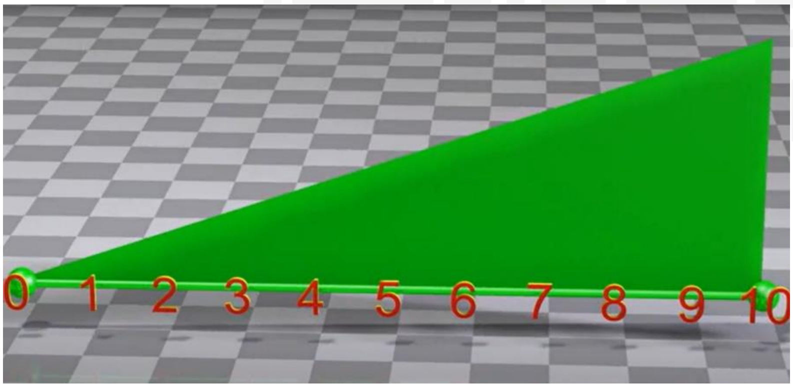
اوریجنل ویڈیو کا لنک:

https://www.youtube.com/watch?v=K0VY9_hB_WU

کوانٹم اور کلاسیکل امکانیات

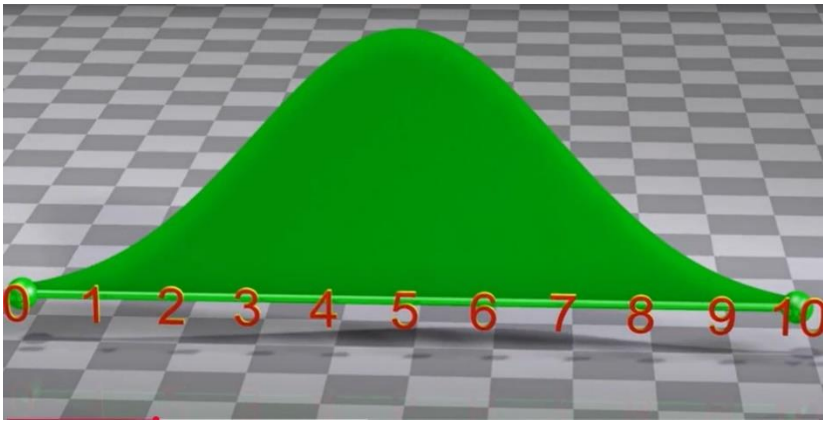
بعض لوگوں کا خیال ہے کہ امکانات نام کی کوئی شے موجود نہیں ہے۔ ان کے خیال میں ہر واقعہ یعنی event یا تو وقوع پذیر ہو گا جس صورت میں اس کا امکان سو فیصد ہے یا پھر نہیں ہو گا اور اس صورت میں اس کا امکان صفر فیصد ہو گا۔ لیکن اگر ہم غور کریں تو امکانات کی معروضی تعریف بھی کی جا سکتی ہے جس کی رُو سے اس کا مطلب کسی واقعہ کے ہونے یا نہ ہونے کے حوالے سے صرف ہماری ذاتی کم علمی نہیں ہو گا۔ فرض کیجیے ہم ایک سِکے کو لاکھوں دفعہ اچھالتے ہیں۔ اس صورت میں کتنے فیصد چت ہو گی، یعنی سکے کی سَر والی طرف اوپر ہو گی جسے انگریزی میں heads کہا جاتا ہے، اور کتنے فیصد پٹ ہو گی یعنی سِکے کی حروف والی طرف اوپر آئے گی جسے انگریزی میں tails کہا جاتا ہے۔ اس فیصد مقدار کو امکان یا probability کہا جاتا ہے۔ اگر سِکہ اچھالنے کی صورت میں 50 فیصد چت ہوتی ہے تو ہم یہ کہیں گے کہ چت کا امکان 50 فیصد ہے۔

اس تعریف کی رُو سے کوئی ایسا واقعہ بھی وقوع پذیر ہو سکتا ہے جس کا امکان صفر فیصد ہو اور ایسا واقعہ ہونے کی بھی کوئی ضمانت نہیں ہے جس کا امکان سو فیصد ہو۔ مثال کے طور پر فرض کیجیے کہ ہم صفر اور 10 کے درمیان کا کوئی حقیقی عدد یعنی real number منتخب کرتے ہیں اور یہ بھی فرض کرتے ہیں کہ کسی بھی نمبر کو منتخب کرنے کا امکان بالکل ایک سا ہے۔ اس صورت میں اس بات کا کیا امکان ہے کہ آپ اٹکل پچو یعنی randomly جو نمبر منتخب کریں وہ نمبر پائی (π) ہو۔ چونکہ صفر اور دس کے درمیان لامتناہی حقیقی اعداد ہیں اس لیے کوئی بھی ایک نمبر منتخب کرنے کا امکان صفر ہے۔ اسی طرح اس بات کا امکان سو فیصد ہے کہ ہم پائی کے علاوہ کوئی اور نمبر منتخب کریں گے لیکن اس کے باوجود اس بات کا امکان موجود ہے کہ آپ اتفاقاً جو نمبر منتخب کریں گے وہ پائی ہو گا۔

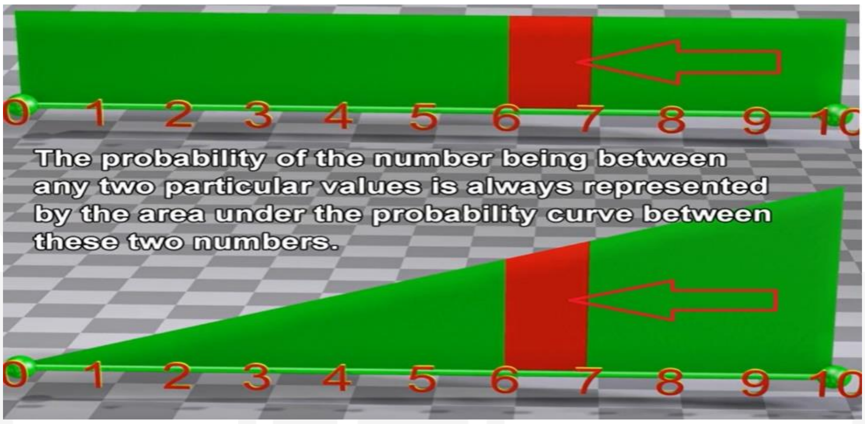


کلاسیکل فزکس اور کوانٹم فزکس میں ایسے بہت سے مظاہر ہیں جن میں کسی پیمائش کے لامتناہی یعنی infinite ممکنہ نتیجے ہو سکتے ہیں۔ ان صورتوں میں امکان کے بجائے امکانی کثافت یا probability density کا بیان زیادہ مناسب رہتا ہے۔ مثال کے طور پر اس صورت میں ہم یہ کہیں گے کہ اس بات کا 10 فیصد امکان ہے کہ ہم 0 سے 1 کے درمیان کوئی حقیقی عدد منتخب کریں گے اور دس فیصد امکان اس بات کا ہے کہ ہم 1 اور 2 کے درمیان یا 2 اور 3 کے درمیان کوئی عدد منتخب کریں گے۔ اس صورت میں امکانی کثافت کو ایک مستطیل سے ظاہر کیا جا سکتا ہے کیونکہ ہر ممکن عدد کے منتخب کیے جانے کا امکان ایک سا ہے۔ اس کے برعکس اگر کچھ اعداد کے انتخاب کا امکان باقیوں کی نسبت زیادہ ہو تو امکانی کثافت مستطیل نہیں ہو گی۔ اس مثال میں جو عدد 10 کے جتنا قریب ہو گا اس کے منتخب ہونے کے امکانات اتنے ہی زیادہ ہوں گے۔

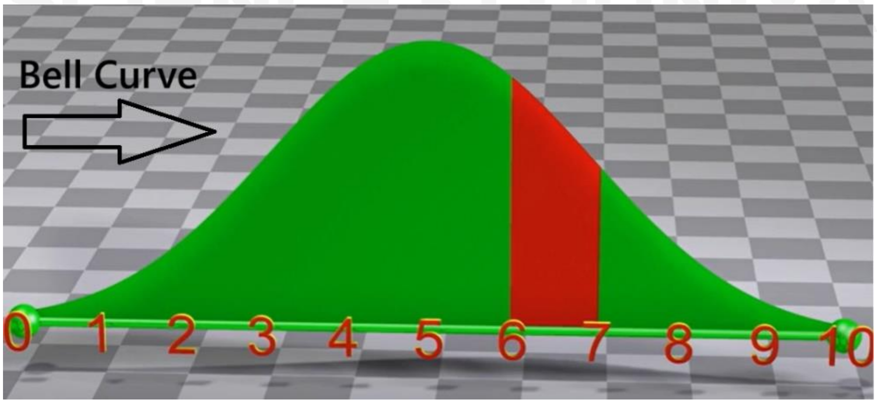
اس مثال میں جو عدد 5 کے جتنا قریب ہو گا اس کے منتخب ہونے کے امکانات اتنے ہی زیادہ ہوں گے۔



دو اعداد کے درمیان کے کسی عدد کے امکان کو ان دو اعداد کے درمیان امکانی کثافت کے رقبہ سے ظاہر کیا جاتا ہے۔



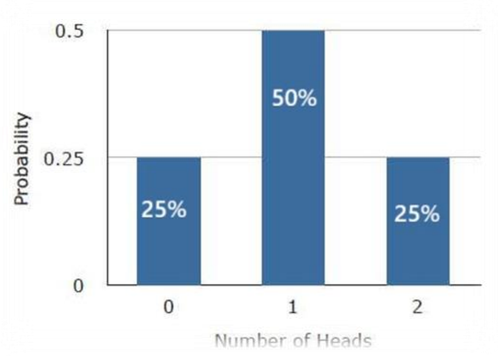
اس گھنٹی کی شکل کے، یعنی bell curve کے، امکانی گراف کی اہمیت بہت زیادہ ہے۔



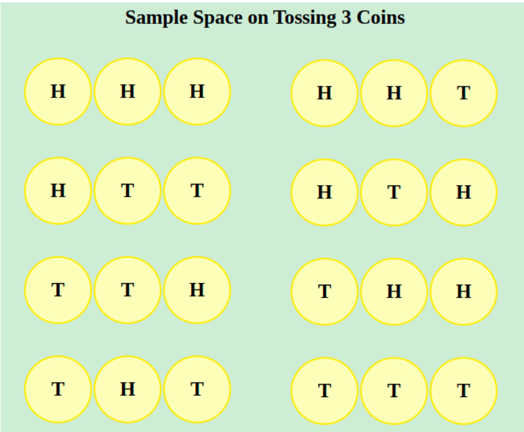
اس قسم کا امکانی انتشار یعنی probability distribution ہم کلاسیکل فزکس اور کوانٹم فزکس دونوں میں دیکھتے ہیں۔ آیئے دیکھتے ہیں کہ ایسا کیوں ہے۔ فرض کیجیے ہم ایک سِکے کو دو دفعہ اچھالتے ہیں۔ اس بات کا امکان ہے کہ دونوں دفعہ چت ہو۔ اس بات کا بھی امکان ہے کہ پہلی دفعہ چت ہو اور دوسری دفعہ پٹ۔ تیسرا امکان اس بات کا ہے کہ پہلی دفعہ پٹ ہو گی اور دوسری دفعہ چت۔ اور چوتھی صورت یہ ہے کہ پہلی دفعہ بھی پٹ ہو اور دوسری دفعہ بھی پٹ۔ ان چاروں کے امکانات بالکل برابر ہیں۔ ان چاروں میں سے ایک صورت وہ ہے جس میں دو چت ہیں، دو



صورتیں ایسی ہیں جن میں ایک چت ہے اور ایک صورت ایسی ہے جس میں کوئی چت نہیں ہے۔ اسی طرح ایک صورت ایسی ہے جس میں دو پٹ ہیں، دو صورتیں ایسی ہیں جن میں ایک پٹ ہے اور ایک صورت ایسی ہے جس میں کوئی پٹ نہیں ہے۔

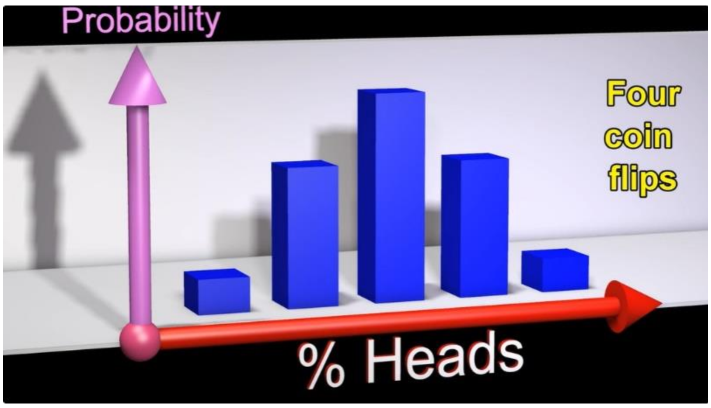


چنانچہ 25 فیصد امکان اس بات کا ہے کہ دو چت ہوں گی، 50 فیصد امکان اس بات کا ہے کہ ایک چت ہو گی اور 25 فیصد امکان اس بات کا ہے کہ کوئی چت نہیں ہو گی۔ آیئے ان تمام صورتوں کو گراف کی شکل میں ظاہر کرتے ہیں۔

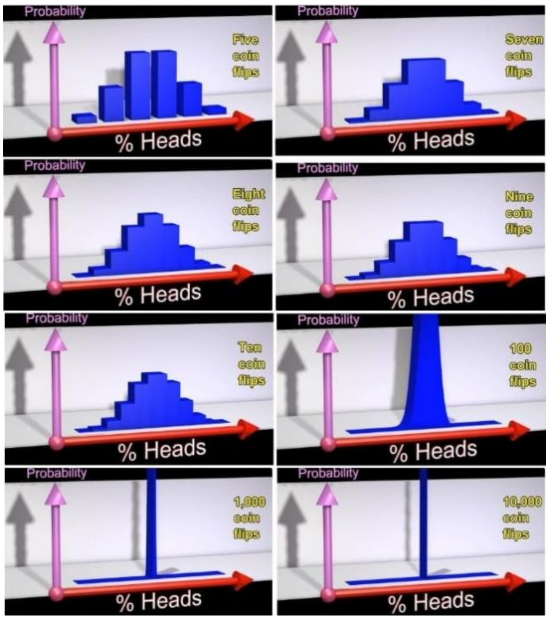


اب اگر ہم سِکے کو دو کے بجائے تین دفعہ اچھالیں تو آٹھ صورتیں ممکن ہیں۔ ایک صورت میں تین دفعہ چت ہو گی، تین صورتوں میں دو دفعہ چت ہو گی، تین صورتوں میں ایک دفعہ چت ہو گی، اور ایک صورت میں کوئی چت نہیں ہو گی۔

آیئے اس نئی صورتِ حال کا گراف بنائیں۔ اس گراف میں Y axis کا امکان کو ظاہر کرتا ہے اور X axis کا یہ ظاہر کرتا ہے کہ چت کا امکان کتنے فیصد ہے۔ اگر اسی سکے کو چار بار اچھالا جائے تو اس کا گراف یوں بنے گا۔



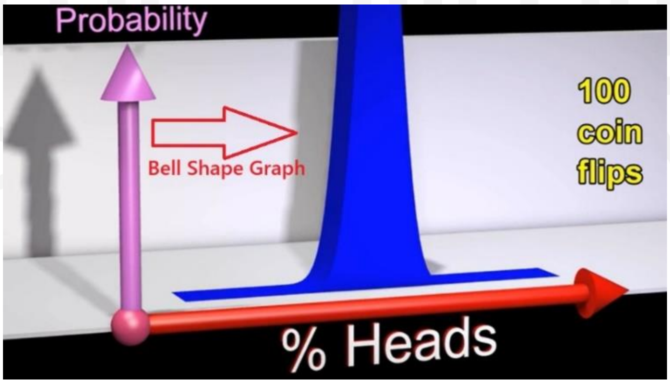
اگر پانچ، سات، آٹھ، نو، دس، سو، ہزار اور پھر دس ہزار دفعہ سِکے کو اچھالیں تو گراف بالترتیب کچھ یوں بنیں گے۔



ان تجربات سے ہم دو اہم باتیں سیکھ سکتے ہیں۔

پہلی بات تو یہ ہے کہ ہم سکہ جتنی زیادہ دفعہ اچھالیں گے اتنا ہی اس بات کا امکان زیادہ ہو گا کہ آدھی دفعہ چت ہو گی اور آدھی دفعہ پٹ۔

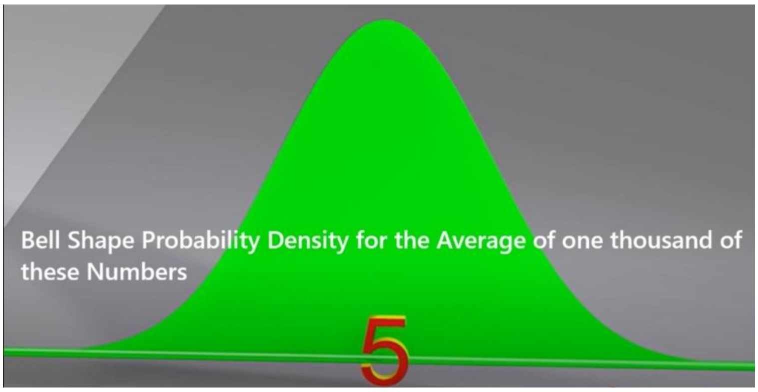
دوسری بات یہ ہے کہ ہم اپنا تجربہ جتنی زیادہ دفعہ دہرائیں گے اتنا ہی گراف گھنٹی کی شکل اختیار کر لے گا۔



آیئے ہم مستطیل امکانی کثافت پر نظر ڈالیں جس میں صفر سے 10 تک کسی بھی عدد کے انتخاب کا امکان ہے اور اسی قسم کا گراف صفر سے ہزار تک کے اعداد کے لیے بنائیں۔ فرض کیجیے کہ ہم ان ایک ہزار اعداد کی اوسط نکالتے ہیں اور ہمیں اس بات کی پیش گوئی کرنا ہے کہ یہ اوسط کیا ہو گی۔ یہ ایسا ہی ہے جیسا کہ کسی سکے کو ایک ہزار دفعہ اچھالنا اور چت کے امکان کی پیش گوئی کرنا۔

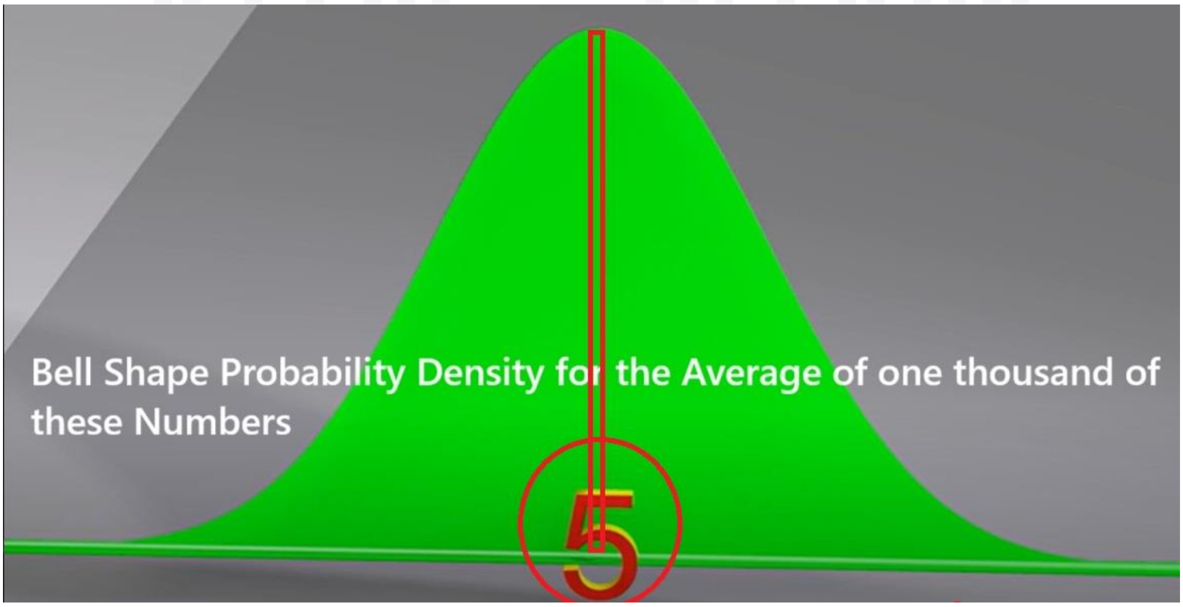


جس طرح ہم نے سِکوں کو ایک ہزار دفعہ اچھال کر امکان کا گراف بنایا تھا اسی طرح ہم 1000 تک کے اعداد کے امکان کا گراف بھی بنا سکتے ہیں۔ اگرچہ ایک سکے کو ایک دفعہ اچھالنے کا گراف ایک مستطیل کی شکل بناتا ہے لیکن اسی سکے کو اگر ایک ہزار بار اچھالا جائے تو امکان کا گراف ایک گھنٹی کی شکل کا ہو گا۔ اسی طرح ایک ایک عدد کو منتخب کرنے کی امکانی کثافت کا گراف ایک مستطیل کی شکل کا ہو گا لیکن ایک ہزار اعداد کو منتخب کرنے کے اوسط امکانی کثافت کا گراف ایک گھنٹی کی شکل کا ہو گا۔



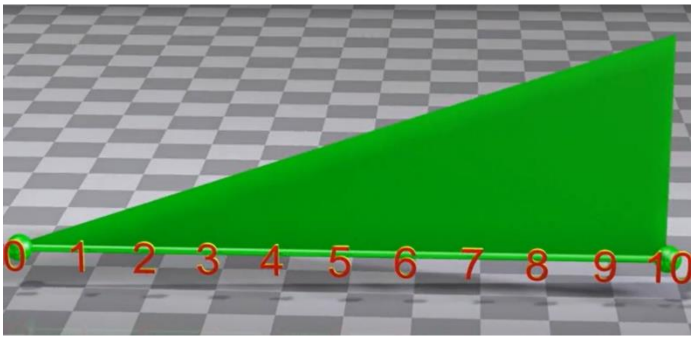
اس گراف سے ہمیں یہ معلوم ہوتا ہے کہ اس اوسط کے صفر یا 10 ہونے کا امکان بہت کم ہے۔ یعنی اس بات کا امکان کے 0 سے 10 کے درمیان کا عدد 10 کے قریب ہو گا اس بات کے امکان کے برابر ہے کہ یہ عدد 0 کے قریب ہو گا۔ یعنی ان کا اوسط پانچ کے قریب ہو گا۔ یہی وجہ ہے کہ گراف کے مطابق اس عدد کے پانچ کے قریب ہونے کا امکان زیادہ ہے۔ یہ وہی گھنٹی کی شکل کا گراف ہے جو کہ سکے کو بہت زیادہ بار اچھالنے کے امکان کو ظاہر کرتا ہے۔

فرض کیجیے کہ ہم ایک ہزار اعداد کے بجائے دس ہزار اعداد کا انتخاب کرتے ہیں۔ ہمیں پہلے کی طرح ان دس ہزار اعداد کا اوسط معلوم کرنا ہے۔ جس طرح ہم نے سکے کو دس ہزار دفعہ اچھالنے کے امکان کا گراف بنایا تھا اسی طرح ہم دس ہزار مختلف اعداد کے انتخاب کی امکانی کثافت کا

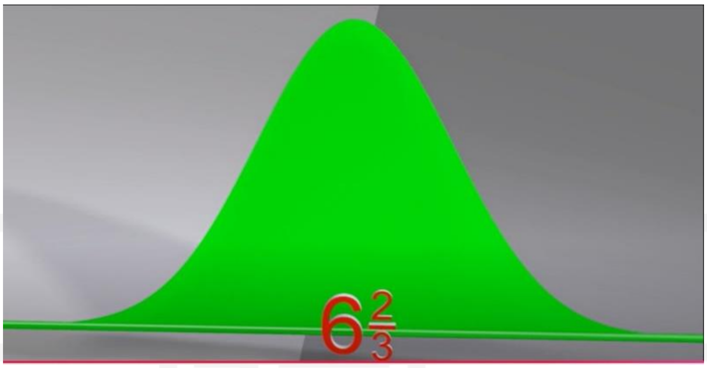


گراف بھی بنا سکتے ہیں۔ پہلے کی طرح اب بھی ہم یہی دیکھتے ہیں کہ جتنے زیادہ اعداد کا انتخاب کریں گے اتنا ہی اوسط اس گراف کے درمیانی حصے میں آتا جائے گا۔ اس کی وجہ یہی ہے کہ جتنی دفعہ ہم یہ تجربہ دہرائیں گے اتنا ہی اس بات کا امکان کم ہے کہ یہ اعداد صفر یا 10 کے پاس ہوں گے۔

فرض کیجیے کہ امکانی کثافت کا گراف مستطیل کے بجائے ایک مثلث کی شکل میں ہے۔

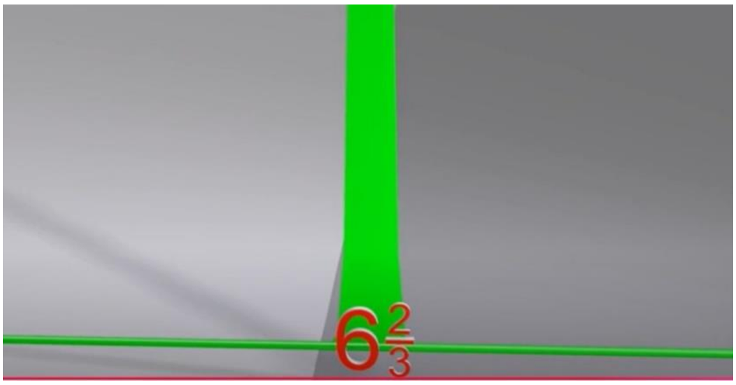


ہم اس امکانی کثافت کے گراف کو استعمال کر کے ایک ہزار اعداد منتخب کرتے ہیں۔ ہم پہلے کی طرح ان ایک ہزار اعداد کی اوسط معلوم کرتے ہیں اور ہمیں یہ پیش گوئی کرنا ہے کہ یہ اوسط کیا ہو گی۔ یہ اوسط اس صورت میں بھی ایک گھنٹی کی شکل میں ہی ہو گی لیکن اب اس کا مرکز پہلے والے گراف سے مختلف ہو گا۔

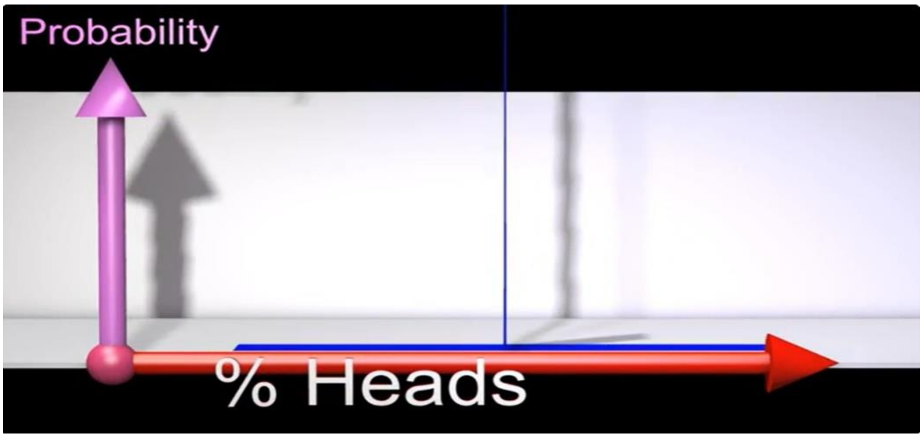


اس کی وجہ یہ ہے کہ مثلث امکانی کثافت کی وجہ سے اس بات کا امکان بہت زیادہ ہے کہ 10 کے قریب کے اعداد زیادہ تعداد میں منتخب ہوں گے چنانچہ ان کی اوسط بھی پہلے کی نسبت 10 کے قریب ہو گی۔

اب فرض کیجیے کہ ہم اس مثلث امکانی کثافت کو استعمال کرتے ہوئے ایک ہزار کے بجائے دس ہزار اعداد منتخب کرتے ہیں۔ ان اعداد کے امکان کا گراف کچھ یوں نظر آئے گا۔



اس تمام بحث سے یہ نتیجہ نکالا جاسکتا ہے کہ امکانی کثافت کے گراف کی شکل خواہ کچھ بھی ہو، اگر ہم اسے استعمال کرتے ہوئے بہت سے اعداد کا انتخاب کریں تو ان اعداد کے امکان کا گراف ایک گھنٹی کی شکل میں ہی ہو گا۔ یہی وجہ ہے کہ شماریات میں گھنٹی کی شکل کا گراف بہت اہم ہے۔ ان تمام صورتوں میں اس بات کا امکان بہت زیادہ ہے کہ اعداد کی تعداد جتنی زیادہ ہو گی اتنا ہی یہ اوسط عدد گھنٹی کی شکل کے عین درمیان میں واقع ہو گا۔ یعنی اعداد کی تعداد جتنی زیادہ ہوتی جائے گی اتنا ہی کم اس بات کا امکان ہو گا کہ اوسط اس گھنٹی کے مرکز سے دُور ہو گا۔



اگرچہ اعداد کا انتخاب مکمل طور پر اٹکل پچو کیا جارہا ہے لیکن جتنے زیادہ اعداد منتخب کیے جائیں گے اتنی ہی ان کی اوسط تعینی یعنی Deterministic ہوتی جائے گی۔

ہم کائنات میں جو بھی مشاہدات کرتے ہیں وہ اربوں کھربوں ایٹمی ذرات کے مجموعوں پر کرتے ہیں۔ اگرچہ یہ ایٹمی ذرات کوانٹم نظریات کے تحت کام کرتے ہیں جو بنیادی طور پر اٹکل پچو یعنی random ہوتے ہیں لیکن ان کا مجموعی اثر تعینی ہوتا ہے۔ یہی وجہ ہے کہ اگرچہ کوانٹم فزکس غیر تعینی ہے لیکن بڑے پیمانے پر تمام تجربات اور مشاہدات ایک تعینی کائنات کا پتہ دیتے ہیں۔

ویڈیو لنک:

https://www.youtube.com/watch?v=X2eomv6XfWo

کوانٹم الجھاؤ کی الجھنیں

تحریر: لارنس کراس

غالباً طبیعات کا کوئی اور شعبہ اتنا گنجلک نہیں جتنا کہ کوانٹم فزکس۔ اور یہ صرف عوام کے لئے ہی مشکل نہیں ہے بلکہ ماہرینِ طبیعات کے لئے بھی اتنا ہی مشکل اور بعید از قیاس ہے۔ ایک طرف تو روحانیات کے نام نہاد ماہرین کوانٹم فزکس کی مدد سے لوگوں کو بیوقوف بناتے ہیں اور ان سے پیسے بٹورتے ہیں تو دوسری طرف کچھ سنجیدہ اور فلسفہ کی طرف مائل حضرات اسے ایک میکانکی کائنات میں انسانی شعور کی کنجی بتلاتے ہیں۔ یوں تو کوانٹم فزکس کے تمام مظاہر انسانی عقل کے لئے ایک چیلنج ہیں لیکن خاص طور پر کوانٹم الجھاؤ ایک ایسی الجھن ہے جو ماہرین کی سمجھ سے بالکل بالاتر ہے۔ آئن سٹائن جیسا ذہین انسان بھی کوانٹم الجھاؤ کی حقیقت کو تسلیم کرنے کے لئے تیار نہیں تھا اور اسے حقارتاً "فاصلے سے ہونے والا پراسرار عمل (spooky action at a distance)" کہتا تھا۔

آئن سٹائن کی مخالفت اپنی جگہ پر، لیکن بد قسمتی سے کوانٹم الجھاؤ (Quantum Entanglement) ایک حقیقت ہے اور اب نیدرلینڈ میں ریسرچرز کی ایک ٹیم نے اسے حتمی طور پر ثابت کر دیا ہے اور ساتھ ہی یہ بھی ثابت کیا ہے کہ کوانٹم فزکس خواہ کتنی ہی غیر معقول کیوں نہ محسوس ہو لیکن یہ معروضی حقیقت کو صحیح طور پر بیان کرتی ہے جسے تجربات سے پرکھا جا سکتا ہے۔

اس 'پراسرار' الجھاؤ کو سمجھنے کے لئے آیئے پہلے یہ دیکھتے ہیں کہ جب ہم دو 'بڑی' اشیا کو ایک دوسرے سے دور کرتے ہیں تو کیا ہوتا ہے۔ یہاں بڑی اشیا سے مراد وہ اجسام ہیں جو ایک دوسرے سے اس طرح عمل پیرا ہوتے ہیں کہ ان میں کوانٹم میکانکی اثرات نہیں پائے جاتے (ہم جن اشیا کا عام زندگی میں تجربہ کرتے ہیں وہ تمام 'بڑی اشیا' تصور کی جا سکتی ہیں اس لئے کہ ہم کوانٹم اثرات کا تجربہ عام حالات میں کبھی نہیں کر پاتے)۔ فرض کیجئے ہمارے پاس ایک بم ہے اور ایک بم پھاڑنے کا آلہ یعنی detonator ہے۔ اگر بم ایک سڑک کے ایک طرف ہے اور ڈیٹونیٹر دوسری طرف تو بم پھاڑنے کے لئے ڈیٹونیٹر کو ایک سگنل بم تک پہنچانا ہو گا اور یہ سگنل زیادہ سے زیادہ روشنی کی رفتار سے سفر کر سکتا ہے، اس سے زیادہ تیزی سے نہیں۔ بم اس لمحہ نہیں پھٹے گا جس لمحہ ہم ڈیٹونیٹر کا بٹن دبائیں گے بلکہ کچھ لمحوں بعد اس وقت پھٹے گا جب بم کو ڈیٹونیٹر کا سگنل موصول ہو گا۔

اس کے برعکس کوانٹم تھیوری یہ دعویٰ کرتی ہے کہ اگر دو کوانٹم ذروں کو کسی طرح آپس میں الجھا دیا جائے تو وہ ذرے ایک اکائی کی طرح کام کرتے ہیں خواہ ان کا درمیانی فاصلہ کتنا ہی زیادہ ہو اور خواہ یہ دونوں ذرے دو مختلف کہکشاؤں میں ہوں بشرطیکہ یہ دونوں ذرے کسی اور ذرے سے نہ ٹکرائیں (اگر یہ ذرے کسی اور ذرے سے ٹکرائیں تو اپنا الجھاؤ کھو سکتے ہیں)۔ اس حالت میں اگر ہم ان الجھے ہوئے ذروں میں سے ایک کی حالت ناپیں تو دوسرے کی حالت فوراً بدل جائے گی خواہ وہ ایک دوسرے سے کتنے ہی دور ہوں۔

بادی النظر میں یہ کوئی ایسی پراسرار بات نہیں لگتی۔ اگر میں دو جڑواں بھائیوں کو اس طرح سے علیحدہ کر دوں کہ ایک بھائی ہماری کہکشاں میں ہو اور ایک کسی دوسری کہکشاں میں اور پھر یہ دیکھوں کہ ہماری کہکشاں میں موجود بھائی کے بال لال رنگ کے ہیں تو میں فوراً یہ جان سکتا ہوں کہ

دوسری کہکشاں میں موجود بھائی کے بالوں کا رنگ بھی لال ہے۔ کوانٹم الجھاؤ کا اصل پراسرار پن تب ظاہر ہوتا ہے جب ہم کوانٹم پیمائش کی باریکیوں کو سمجھنے کی کوشش کریں۔

اگر آپ ایک الیکٹران کے جوڑے کا تصور کریں تو آپ دیکھیں گے کہ الیکٹران میں ایک گھماؤ ہوتا ہے اور ان پر برقی چارج بھی ہوتا ہے جس کی وجہ سے الیکٹران ایک ننھے منے مقناطیس کی طرح کام کرتا ہے۔ چنانچہ ہم برقی مقناطیسی فیلڈ کو استعمال کرکے الیکٹران کے گھماؤ کو تبدیل کر سکتے ہیں اور یوں ہم ایک الیکٹران کے گھماؤ کو ایک طرف اور دوسرے کے گھماؤ کو اس کے مخالف سمت رکھ سکتے ہیں۔ اب ہم یہ دعویٰ کرسکتے ہیں کہ یہ دونوں الیکٹران ایک دوسرے کے مخالف (anti-aligned) ہیں۔

اب فرض کیجئے کچھ دیر کے بعد ہم ایک الیکٹران کے گھماؤ کو ناپتے ہیں۔ اگر اس الیکٹران کا گھماؤ ایسا ہے کہ اس کا ننھا منا سا مقناطیس شمال کی جانب ہے تو دوسرے کا مقناطیس یقیناً جنوب کی جانب ہوگا۔ لیکن اس میں ایک الجھن ہے اور وہ یہ کہ کسی بھی کوانٹم ذرے کا گھماؤ صرف اس وقت مستقل شکل لیتا ہے جب اسے ناپا جائے ورنہ یہ گھماؤ اوپر اور نیچے دونوں طرح کے گھماؤ کا مجموعہ ہوتا ہے۔ یہ بھی کوانٹم فزکس کا ایک ناقابلِ یقین لیکن تجربات سے بارہا ثابت شدہ مظہر ہے کہ کوانٹم ذرات بیک وقت اوپر اور نیچے کا گھماؤ رکھ سکتے ہیں (اسے سپرپوزیشن کہا جاتا ہے)۔ چنانچہ ہمارے ناپنے سے پہلے دونوں الیکٹران بیک وقت اوپر اور نیچے کے گھماؤ کی سپرپوزیشن میں ہوتے ہیں اور جب انہیں ناپا جائے تب ہی وہ دونوں میں سے ایک حالت اپناتے ہیں اور یہ حتمی حالت امکانی ہوتی ہے (یعنی 50٪ امکان اوپر والے گھماؤ کا اور 50٪ امکان نیچے والے گھماؤ کا ہوتا ہے)۔ چونکہ یہ دونوں الیکٹران الجھاؤ کی حالت میں ہیں اس لئے جونہی ہم ایک الیکٹران کی پیمائش کرتے ہیں اسی لمحے دونوں الیکٹران اپنی حتمی حالت اپنا لیتے ہیں اور دونوں کی حتمی حالت ہمیشہ ایک دوسرے کے مخالف سمت میں ہوتی ہے۔

جب تک ان دو الیکٹرانز میں الجھاؤ رہتا ہے تب تک ان کی یہ حالت رہتی ہے خواہ ان کے درمیان اربوں میل کا فاصلہ ہو۔ اگر ہم زمین پر ایک الیکٹران کی پیمائش کریں تو دوسری کہکشاں میں موجود الجھے ہوئے دوسرے الیکٹران پر اس پیمائش کا فوری اثر ہوتا ہے اگرچہ ان دونوں کے درمیان فاصلہ اتنا زیادہ ہے کہ روشنی کی رفتار سے سفر کرتے ہوئے بھی ایک الیکٹران سے انفارمیشن دوسرے الیکٹران تک پہنچتے پہنچتے لاکھوں سال لگ سکتے ہیں۔ یہ ہے وہ پراسرار عمل جس کو ماننے پر آئن سٹائن تیار نہیں تھا۔ تاہم آئن سٹائن کے زمانے میں الجھاؤ محض کوانٹم فزکس کا ایک مفروضہ تھا کیونکہ الجھاؤ کا مشاہدہ ان دنوں ممکن نہیں تھا۔ 1935 میں آئن سٹائن نے اپنے دو ساتھیوں پوڈولسکی اور روزن کے ساتھ مل کر ایک مشہور سائنسی پیپر لکھا جس میں اس نے دعویٰ کیا کہ اگر کوانٹم فزکس الجھاؤ کی پیش گوئی کرتی ہے تو اس کا مطلب یہ ہے کہ کوانٹم فزکس میں کوئی سقم ہے کیونکہ ایسا کوئی دعویٰ حقیقت پر مبنی نہیں ہوسکتا۔

ظاہر ہے کہ آئن سٹائن الیکٹرانز کو بڑے اجسام کی مانند تصور کررہا تھا جن کے درمیان فاصلہ روشنی کی رفتار سے زیادہ تیزی سے طے نہیں کیا جاسکتا۔ لیکن کوانٹم فزکس کی رو سے دو الجھے ہوئے الیکٹران ایک ہی اکائی ہیں خواہ ان میں کتنا ہی فاصلہ ہو۔ درحقیقت جب تک ہم ان الیکٹرانز کی پیمائش نہ کرلیں ہم یہ نہیں جان سکتے کہ یہ دونوں الیکٹرانز کہاں پر موجود ہیں۔ کوانٹم فزکس کی مساوات کی رو سے یہ کائنات میں ہر جگہ موجود ہیں، بات صرف یہ ہے کہ پیمائش کے بعد ان کے مختلف مقامات پر پائے جانے کے امکانات مختلف ہیں۔

آئن سٹائن کوانٹم فزکس کے بارے میں اپنے شبہات میں اکیلا نہیں تھا۔ اس کے بعد بہت سے ماہرین نے ایسے ہی شکوک کا اظہار کیا۔ کچھ ماہرین نے رائے دی کہ کچھ پوشیدہ محرکات، جن کے بارے میں ہمیں سرِ دست علم نہیں ہے، اس الجھاؤ کا باعث ہیں اور جب ہم ان محرکات کو سمجھ لیں گے تو کوانٹم فزکس اتنی پر اسرار نہیں رہے گی۔ مثلاً یہ ممکن ہے کہ دونوں الیکٹرانز ہمیشہ اپنا گھماؤ قائم رکھتے ہیں لیکن ہمیں اس کا علم نہیں ہے۔ یہ ایک پیچیدہ فلسفیانہ سوال ہے کہ ہم یہ کیسے ثابت کر سکتے ہیں کہ کوانٹم الجھاؤ کے پیچھے کوئی نامعلوم عوامل نہیں ہیں۔

1964 میں جان بیل نامی سائنس دان نے اس مسئلے کا حل دریافت کر لیا۔ اس نے ایک انتہائی خوبصورت پیپر میں یہ واضح کیا کہ اگر کوانٹم الجھاؤ درست ہے تو الجھے ہوئے ذرات پر ایسی مقداری پیمائش کی جا سکتی ہے جس کے نتائج عام طبیعات کے اصولوں کے تحت ناقابلِ توجیہہ ہونگے۔ اس نظریے کو بیل کے نظریے کا نام دیا گیا۔ پچھلے پچاس سال سے زیادہ کے عرصے میں بہت سے سائنس دانوں نے بیل کا نظریہ استعمال کرتے ہوئے تجربات کئے ہیں جن کی روسے کوانٹم الجھاؤ حقیقت معلوم ہوتا ہے۔ اسی عرصے میں دوسرے سائنس دانوں نے ان تجربات میں سقم نکالنے کی کوشش کی ہے تاکہ ہر اس loophole کی نشان دہی کی جا سکے جو نادانستگی میں غلط نتائج پیدا کرے۔ مثال کے طور پر دو سسٹمز جن کو اصولاً ایک دوسرے سے علیحدہ ہونا چاہیئے ہو سکتا ہے کسی پوشیدہ طور پر ان کا آپس میں کوئی تعلق ہو جس کی وجہ سے انفارمیشن ایک سسٹم سے دوسرے سسٹم میں منتقل ہو سکے۔

حال ہی میں نیدرلینڈز کی ڈیلفٹ یونیورسٹی کے ریسرچرز نے ایک ایسا تجربہ کیا جس کا مقصد ان تمام شکوک و شبہات کا ازالہ کرنا تھا۔ انہوں نے بیک وقت دو الجھے ہوئے الیکٹرانز کی پیمائش کی جو کہ ایک دوسرے سے ایک اعشاریہ تین کلومیٹر کے فاصلے پر تھے۔ یہ فاصلہ اتنا زیادہ ہے کہ روشنی کی رفتار سے سفر کرتا ہوا سگنل بھی دونوں ڈیٹیکٹرز کو بیک وقت اثر نہیں کر سکتا۔ انہوں نے اس بات کا بھی مشاہدہ کیا کہ پیمائش کے وقت دونوں الیکٹرانز الجھے ہوئے ہی ہوں۔ اس تجربے کے یہ دونوں پہلو انتہائی اہم اور تخلیقی طور پر نئے ہیں جن سے وہ تمام شکایات دور ہو جاتی ہیں جو سائنس دانوں کو پچھلے تجربات سے تھیں۔ ان تمام احتیاطوں کے بعد کیے گئے تجربات سے یہی ثابت ہوتا ہے کہ الجھاؤ واقعی ایک حقیقت ہے اور کوانٹم فزکس اور بیل کے نظریے کی تمام تر پیش گوئیاں صحیح ثابت ہوئی ہیں۔

الجھاؤ کی حقیقت اب پوری طرح ثابت ہو چکی ہے اور ایسا محسوس ہوتا ہے کہ اس میں شک و شبہہ کی اب کوئی گنجائش نہیں تاوقتیکہ کوئی سائنس دان اس نئے تجربے کے پروٹوکول میں کوئی سقم دریافت کرے۔ اگر کسی سقم کی نشان دہی کی بھی جاتی ہے تو یقیناً مستقبل میں اس سقم کو دور کر کے ان تجربات کو مزید بہتر بنایا جائے گا۔ سائنس اسی طرح رواں دواں رہے گی اور بہتر سے بہتر نتائج دیتی رہے گی۔

میں یہ اعتماد کے ساتھ کہہ سکتا ہوں کہ اگرچہ الجھاؤ کے یہ نتائج اس تجربے سے ثابت ہوئے ہیں لیکن عمومی طور پر کوانٹم فزکس کو اتنی دفعہ تجربات سے ثابت کیا جا چکا ہے کہ اب اس کو حقیقت سمجھنے کے علاوہ کوئی چارہ نہیں۔ کوانٹم فزکس کو ہر روز کروڑوں دفعہ پرکھا جاتا ہے کیونکہ جدید ٹیکنولوجی کوانٹم فزکس کی ہی مرہونِ منت ہے۔ ہمارے سیل فونز، کمپیوٹرز، کاریں اور دیگر الیکٹرانک آلات ٹرانزسٹرز سے چلتے ہیں اور ٹرانزسٹرز کوانٹم فزکس کے اصولوں کے مطابق کام کرتے ہیں۔ ان ہی اصولوں میں کوانٹم الجھاؤ کا اصول بھی ہے جسے اس ہفتے ثابت کیا گیا۔ چنانچہ الجھاؤ کے پر اسرار ہونے سے قطع نظر، کوانٹم فزکس ہماری جدید زندگی کی بنیاد ہے۔

الجھاؤ کا تصور اتنا پراسرار ہے کہ بعض اوقات لوگ اس سے لایعنی نتائج نکالنے کی کوشش کرتے ہیں۔ مثال کے طور پر دیپک چوپڑا ہمیں یہ باور کرانے کے درپے ہیں کہ کوانٹم فزکس کی رو سے شعوری تجربے اور مشاہدے کے علاوہ کچھ بھی موجود نہیں ہے حالانکہ حقیقت یہ ہے کہ مشاہدہ مشینوں سے اور یہاں تک کہ ایک فوٹون سے بھی کیا جاسکتا ہے اور اس کے لئے شعور قطعاً غیر ضروری ہے۔ اگر مشاہدے کے لئے شعور لازم ہوتا تو پھر ہر تجربے کے نتائج کے ساتھ مشین چلانے والے انسان کے اندرونی خیالات کو بھی تجربے کے ڈیٹا کے ساتھ قلمبند کرنا لازم ٹھہرتا۔ مثال کے طور پر ہمیں یہ لکھنا پڑتا کہ آیا ہم تجربہ کرتے وقت جنس کے بارے میں خیالی پلاؤ پکا رہے تھے۔ لیکن ایسا نہیں ہے۔ مشینیں کسی شعوری انسان کی کمرے میں غیر موجودگی میں بھی ڈیٹا اکٹھا کر سکتی ہیں اور گراف کو پرنٹ کر سکتی ہیں اور یہ گراف انسان کے کمرے میں داخل ہونے پر بھی ویسے ہی رہتے ہیں اچانک بدل نہیں جاتے۔

اسی طرح حال ہی میں پلٹزر انعام جیتنے والی مصنفہ میریلن روبنز نے ایک مضمون شائع کیا ہے جس میں خاتون نے جدید سائنس کی بنیاد اور اس کی معروضی دنیا سے مطابقت پر سوال اٹھایا ہے۔ ان کا دعویٰ ہے کہ الجھاؤ زمان اور مکان کے بنیادی تصورات اور موجبیت (causality) کی نفی کرتا ہے اور یوں جدید سائنس معروضی حقیقت تک پہنچنے کے اہل نہیں ہے۔ یہ سمجھنا مشکل نہیں کہ خاتون اس غلط نتیجے پر کیسے پہنچیں۔

اگر ایک الیکٹران کا مشاہدہ فوری طور پر کائنات کے دوسرے کونے میں موجود الیکٹران کی حالت پر اثر انداز ہو سکتا ہے تو بادی النظر میں یوں یہ محسوس ہوتا ہے گویا موجبیت کی نفی ہو رہی ہے۔ لیکن کوانٹم فزکس کے نتائج سے سبق اخذ کرنا اتنا آسان نہیں ہے۔ حقیقت یہ ہے کہ فطرت میں کائناتی سطح پر ایک لاینحل مسئلہ موجود ہے۔ ذرا ان دو تجربات کا تصور کیجیے جن میں سے ایک زمین پر ہو رہا ہے اور دوسرا ہماری کہکشاں کے دوسرے کونے میں۔ ان دونوں تجربات میں دو الجھے ہوئے الیکٹرانز کے گھماؤ کی پیمائش کی جاتی ہے۔ اس قسم کی پیمائش سے تجربہ کرنے والے کو کہیں بھی یہ شائبہ نہیں ہوتا کہ لاکھوں نوری سال دور ایک اور تجربے میں اسی قسم کی پیمائش کی جا رہی ہے۔ ان دونوں تجربات میں مشاہدہ یہ ہو گا کہ 50% الیکٹران کا گھماؤ اوپر کی طرف ہے اور 50% کا نیچے کی طرف۔ اس سے کہیں یہ تاثر نہیں ملتا کہ ان میں سے ہر الیکٹران لاکھوں میل دور کسی اور الیکٹران سے الجھا ہوا ہے۔ ایسا الجھاؤ جاننے کا صرف ایک طریقہ ہے کہ اس تجربے سے علاوہ کسی اور ذریعے سے ان معلومات کا ایک دوسرے سے تبادلہ کیا جائے اور ایسا معلومات کا تبادلہ روشنی کی رفتار سے زیادہ رفتار سے ممکن نہیں ہے۔ الجھاؤ خواہ فوراً ہی الیکٹرانز کی حالت پر اثر انداز ہو جائے تاہم اس سے کوئی ایسا سگنل پیدا نہیں ہو سکتا جو روشنی کی رفتار کی حد کو پار کر سکے۔ چنانچہ الجھاؤ کی پیمائش طبیعات کے عمومی اصولوں کے تحت ہی ممکن ہے جو کہ موجبیت کو قائم رکھتے ہیں۔

کوانٹم فزکس یقیناً یہ بتاتی ہے کہ فطرت انتہائی چھوٹے پیمانے پر انتہائی پراسرار ہے۔ بہت احتیاط سے کیے گئے تجربات کی بدولت ہم اس پراسرار عمل کا مشاہدہ کر سکتے ہیں لیکن خوش قسمتی سے اس پراسرار عمل کی موجودگی کا یہ مطلب نہیں کہ کوانٹم فزکس میں 'سب چلتا ہے'۔ کوانٹم پیمانے پر بھی کائنات کے مانے ہوئے قوانین مسلسل کام کرتے ہیں۔ الجھاؤ کے بارے میں شائد سب سے زیادہ حیرت انگیز بات یہ ہے کہ یہ ہماری کائنات کی موجودہ سمجھ کو بڑھاتا ہے اسے کم نہیں کرتا۔

کیا کوانٹم اینٹینگلمنٹ ''دور سے اثر انداز ہونے والا مظہر'' ہے؟

جی نہیں۔

کیا کسی بھی طریقے سے انفارمیشن کو روشنی کی رفتار سے زیادہ تیزی سے بھیجا جا سکتا ہے؟ یہ صرف اسی صورت میں ممکن ہے اگر ہم یہ تسلیم کر لیں کہ ہماری فزکس کے بہترین نظریات سرے سے غلط ہیں۔ کچھ لوگ شاید اس بات کا ادراک نہیں رکھتے کہ اگر روشنی کی رفتار سے زیادہ تیزی سے انفارمیشن بھیجنا ممکن ہو جائے تو یہ کتنا بڑا انقلاب ہو گا۔ اس سے تمام کی تمام کوانٹم فزکس غلط ثابت ہو جائے گی اور ہمیں معروضی حقائق کی تلاش کو نئے سرے سے شروع کرنا پڑے گا۔ 'یکدم' (instantaneous) کی ترکیب تجزیہ پسند فلسفے (reductionism) کی ترکیب ہے جو صرف کوانٹم فزکس پر ہی نہیں بلکہ کلاسیکی فزکس پر بھی لاگو ہوتی ہے۔

کیا کوانٹم اینٹینگلمنٹ پراسرار ہے؟ اس سوال کا جواب اس بات پر منحصر ہے کہ آپ کس قسم کے مظہر کو پراسرار قرار دیتے ہیں۔ (اس پر مزید بات بعد میں ہو گی)

آیئے اس موضوع پر (ریاضی کو بیچ میں لائے بغیر) کچھ تفصیلی بات کرتے ہیں۔

بعض اوقات اینٹینگلمنٹ کو یوں بیان کیا جاتا ہے گویا دو ذرات ایک دوسرے سے منسلک ہو گئے ہیں۔ ایسا صرف وہی لوگ نہیں کہتے جو کوانٹم فزکس سے ناواقف ہیں بلکہ سائنس سے متعلق آرٹیکلز اور کتابوں کے مصنفین بھی یہی کہتے نظر آتے ہیں (بعض اوقات تو اچھے بھلے اور قابل سائنس دان بھی ایسے بیان دے ڈالتے ہیں)۔ ان لوگوں کی خواہش شاید یہ ہوتی ہے کہ کوانٹم فزکس کے مظاہر کو کلاسیکل فزکس کے اصولوں سے 'سمجھا' جائے۔ لیکن کوانٹم فزکس کلاسیکل فزکس سے بالکل مختلف ہے۔ یہ ایسا ہی ہے جیسے کوئی شخص شماریاتی میکانیات (statistical mechanics) کو حرحرکیات (thermodynamics) کے اصولوں سے سمجھنا چاہے۔ حقیقت اس کے برعکس ہے۔ ہماری کلاسیکل دنیا درحقیقت کوانٹم فزکس کی approximation ہے۔ کوانٹم فزکس کے ''ماڈلز'' امکانیات (probabilities) پر مشتمل ہوتے ہیں، تعینی (deterministic) نہیں ہوتے۔ (میں نے عمداً ماڈلز کو واوین (quotes) میں لکھا ہے)

اینٹینگلمنٹ صرف ایک ارتباط (correlation) ہے جو ذرات کی تمام خصوصیات پر اثر انداز ہو سکتا ہے (ان خصوصیات کو کوانٹم فزکس کی ریاضی کے operators سے ظاہر کیا جاتا ہے)۔ کوانٹم ذرات میں یہ ارتباط ماضی میں ان کے مشترکہ آغاز کی وجہ سے پیدا ہوا۔

اس مظہر کے بارے میں لوگوں کے غلط فہمیوں کی بہت بڑی وجہ یہ ہے کہ لوگ کوانٹم ذرات کے ویوو فنکشن کے منہدم ہو جانے (collapse of wavefunction) کے تصور کو نہیں سمجھ پاتے۔ لوگ شاید یہ سمجھتے ہیں کہ ویوو فنکشن کا انہدام ایک حقیقی مظہر ہے۔ گویا اینٹینگلڈ ذرات میں سے ایک ذرے کی پیائش کرنے سے یہ ویوو فنکشن منہدم ہو جاتا ہے جس سے دوسرا ذرہ بھی متاثر ہوتا ہے۔ یعنی جو شخص ان میں سے کسی بھی ذرے کا مشاہدہ کرے گا وہ اس کے ویوو فنکشن کے انہدام کا باعث ہو گا۔

لیکن یہ تصور غلط ہے۔ ویوو فنکشن کوئی حقیقی لہر نہیں ہے۔ یہ تو صرف کچھ اعداد کا مجموعہ ہے جو ان ذرات کے مستقبل کی پیش گوئی کرتا ہے۔ اس ویوو فنکشن میں دونوں ذرات کا ارتباط موجود ہے کیونکہ ویوو فنکشن دونوں ذرات کی کسی بھی پیمائش کے نتائج کو امکانیات کی صورت میں ظاہر کرتا ہے۔ یہ امکان اس پیمائش کے وقت ہی درست نہیں ہوتے بلکہ اس سے پہلے بھی درست ہوتے ہیں۔ جب ایک ذرے کی پیمائش کی جاتی ہے تو ان ممکنہ نتائج میں سے ایک درست نکلتا ہے۔ چنانچہ ہم آسانی کے لیے یہ کہہ دیتے ہیں کہ اب باقی تمام امکانات صفر ہو گئے ہیں کیونکہ ایک ذرے کی پیمائش کے بعد ہم حتمی طور پر جان گئے ہیں کہ پیمائش کا نتیجہ کیا نکلا۔ لیکن یہ قدم (یعنی دوسرے ذرے کی تمام باقی ماندہ ممکنہ نتائج کو نظر انداز کر کے صرف اس نتیجے کو درست تسلیم کر لینا جو پہلے ذرے کی پیمائش کے بعد ان کے ارتباط کی وجہ سے واحد ممکنہ نتیجہ بچ رہا ہے) فقط ہمارے ان ذرات کے بارے میں علم میں اضافے کی وجہ سے ہے۔ اس پیمائش کا دوسرے ذرے پر کسی قسم کا کوئی اثر نہیں ہوا۔ کوانٹم فیلڈ تھیوری کی رو سے یہ ثابت کرنا آسان ہے کہ انفارمیشن کبھی بھی سپیس میں روشنی کی رفتار سے زیادہ تیز رفتار سے سفر نہیں کر سکتی۔ یہ بات بھی ذہن میں رکھنی چاہیے کہ ہماری پیمائش کا نتیجہ اب بھی رینڈم ہی ہے۔ ہم دوسرے ذرے کو اپنی مرضی کی سپن نہیں دے سکتے۔ یعنی ہم یہ نہیں کر سکتے کہ جس ذرے کی پیمائش کی جا رہی ہے اسے جان بوجھ کر up کی سپن دے دیں تاکہ دوسرا ذرہ down سپین اختیار کر لے۔ گویا ہمیں یہ بھی اختیار نہیں ہے کہ اینٹینگلڈ ذروں کے جوڑے میں سے جو ذرہ ہمارے پاس ہے اسے اپنی پسند کی سپن دے دیں۔ کیونکہ اس سارے پراسیس میں کہیں کوئی مخفی متغیر (hidden variables) نہیں ہیں جنہیں ہم کنٹرول کر سکیں۔ ہماری پیمائش کا نتیجہ ہمیشہ کوانٹم مکینکس کی مساوات سے اخذ کردہ امکان کے مطابق ہی ہوتا ہے۔

جن لوگوں کو یہ سمجھنے میں دشواری ہو رہی ہے ان کے لیے میں ٹام سٹوپرڈ کے مشہور ڈرامے 'جمپرز' سے ایک واقعہ پیش کرتا ہوں۔ مشہور فلسفہ دان وٹگنسٹائن نے اپنے ایک دوست سے پوچھا، ”لوگ ایسا کیوں کہتے ہیں کہ یہ سمجھنا زیادہ فطری ہے کہ سورج زمین کے گرد گھومتا ہے؟“۔ اس کے دوست نے جواب دیا، ”کیونکہ بادی النظر میں ایسا ہی محسوس ہوتا ہے“۔ وٹگنسٹائن نے جواب دیا، ”اگر زمین سورج کے گرد گھومتی ہو تو دیکھنے میں کیسا محسوس ہو گا؟“

اسی سوال پر اینٹینگلمنٹ کے تناظر میں بھی غور کیجیے۔ ”لوگ اینٹینگلمنٹ کے مظہر کو پراسرار کیوں سمجھتے ہیں؟“ اگر اس کا جواب یہ ہو کہ ”چونکہ یہ دیکھنے میں ایسا ہی محسوس ہوتا ہے“ اور اس کے جواب میں یہ پوچھا جائے، ”اگر یہ پراسرار نہ ہوتا تو کیسا لگتا؟“ اس مسئلے پر کچھ دیر غور کیجیے۔ آپ خود سمجھ جائیں گے کہ اگر اینٹینگلمنٹ کا مظہر بالکل ایسا نہ ہوتا جیسا ہم مشاہدہ کرتے ہیں تو دنیا بہت زیادہ عجیب و غریب جگہ ہوتی۔

تو چلیے اب اس مسئلے پر بات کرتے ہیں کہ آئن سٹائن کو یہ پراسرار مظہر کیوں پریشان کرتا تھا۔ اینٹینگلمنٹ ایک ایسا مظہر ہے جس میں ہم کل کے بارے میں تو جانتے ہیں لیکن اس کی جزئیات کے بارے میں کچھ نہیں جانتے۔ کوانٹم فزکس اینٹینگلڈ ذرات کے پورے سسٹم کے بارے میں تو ہمیں مکمل معلومات فراہم کرتی ہے لیکن انفرادی ذرات کے بارے میں کوئی انفارمیشن فراہم نہیں کرتی۔ گویا ہم پورے سسٹم کے بارے میں تو سب کچھ جانتے ہیں لیکن اس کے جزئیات کے بارے میں بالکل کچھ نہیں جانتے۔ یہی مظہر کوانٹم اینٹینگلمنٹ کا اصل اسرار ہے۔

کوانٹم اینٹینگلمنٹ

کچھ روز پہلے محترم ادریس آزاد صاحب نے اینٹینگلمنٹ اور کوانٹیم خصوصیات پر ایک آرٹیکل شیئر کیا تھا جس کا عنوان تھا 'کوانٹم چیشائر کیٹ'۔ اس مضمون پر میرا تبصرہ درج ذیل ہے۔

اینٹیگلمنٹ کے بارے میں تعلیم یافتہ لوگوں میں بھی بہت سے غلط تصورات پائے جاتے ہیں۔ اس کے لیے میں سائنس دانوں کو قصور وار ٹھہراتا ہوں جو بعض اوقات اپنے آرٹیکلز کو سنسنی خیز بنانے کے لیے ایسے بیانات سے کام لیتے ہیں جو شاید اصولاً درست ہوں، لیکن ان میں اتنا ابہام ہوتا ہے کہ لوگ اس کا غلط مطلب بھی لے سکتے ہیں۔

یہ بات یقیناً درست ہے کہ اگر دو کوانٹم ذرات اس طرح سے اینٹینگلڈ ہوں کہ ان کی سپن ایک دوسرے کے خلاف ہو (یعنی اگر ایک کی سپن اوپر کی سمت ہے تو دوسرے کی سپن نیچے کی طرف ہو گی) تو ان کی سپن کا یہ تعلق اس صورت میں بھی برقرار رہے گا اگر یہ دونوں ذرات اک دوسرے سے جدا ہوں (خواہ ان کے درمیان فاصلہ ایک ملی میٹر ہو یا لاکھوں نوری سال)۔ چنانچہ آپ اگر ان میں سے ایک ذرے کا زمین پر مشاہدہ کریں اور اس کی سپن اوپر کی طرف ہو تو آپ فوراً بغیر مزید کسی مشاہدے کے یہ 100% اعتماد کے ساتھ کہہ سکیں گے کہ اس کے دوسرے ساتھی کی سپن نیچے کی طرف ہے۔

یہ بات بذاتِ خود حیرت کا باعث نہیں ہے کہ اگر دو ذرات میں پہلے سے ایک تعلق موجود ہے تو ایک کے مشاہدے سے ہم دوسرے کے بارے میں علم حاصل کر سکتے ہیں۔ مثال کے طور پر فرض کیجیے کہ آپ نے اپنے ریفریجریٹر میں رات کو ایک سیب اور ایک کیلا رکھا اور اپنے روم میٹ سے کہا کہ کل آفس جاتے ہوئے تم ریفریجریٹر سے ایک پھل لیتے جانا۔ اگلے روز صبح اگر آپ یہ دیکھیں کہ ریفریجیریٹر میں صرف ایک کیلا موجود ہے تو آپ بغیر اپنے روم میٹ کو پوچھے یہ جان سکتے ہیں کہ آپ کا روم میٹ سیب لے کر گیا ہے۔ کوانٹم ذرات کے بارے میں حیرت انگیز بات یہ ہے کہ سائنس دانوں کی متفقہ رائے میں کوانٹم ذرات کی سپن اس وقت تک طے نہیں ہوتی جب تک کہ ان کا مشاہدہ نہ کیا جائے۔ اس کے علاوہ اینٹینگلڈ ذرات کی سپن ان کی دونوں سپنز کی سپر پوزیشن ہوتی ہے یعنی مشاہدے سے پہلے دونوں ذرات کی سپن اوپر اور نیچے کی سپن کی سپر پوزیشن ہے۔ ان کی کوئی انفرادی سپن موجود ہی نہیں ہے۔ ان کی انفرادی سپن صرف اس وقت وجود میں آتی ہے جب ان کا مشاہدہ کیا جائے۔

یہاں اس بات کا تذکرہ ضروری ہے کہ 'مشاہدہ' کا لفظ بذاتِ خود اپنے اندر ایک ابہام رکھتا ہے۔ سائنس دان جب کوانٹم ذرات کے مشاہدے کا ذکر کرتے ہیں تو اس سے یہ مراد نہیں ہوتا کہ کوئی انسان ان ذرات کو دیکھ رہا ہے۔ انسانی آنکھ ان ذرات کو دیکھنے سے قاصر ہے۔ مشاہدہ سے مراد یہ ہوتی ہے کہ ان کوانٹم ذرات کو کسی ڈیٹیکٹر سے ٹکرایا جا رہا ہے۔ کوانٹم ذرات کی جسامت کی نسبت سے یہ ڈیٹیکٹر بذاتِ خود بہت بڑے اجسام ہوتے ہیں۔ چنانچہ کوانٹم ذرات کے ڈیٹیکٹرز سے ٹکرانے سے ان ذرات کی کچھ انفارمیشن ان ڈیٹیکٹرز میں منتقل ہو جاتی ہے جس وجہ سے ڈیٹیکٹرز میں ایک موہوم سا سگنل پیدا ہوتا ہے۔ الیکٹرانک ایمپلیفائیرز کو استعمال کر کے اس سگنل کو ایمپلیفائی کیا جایا ہے جس سے ہمیں یہ جواب میسر آتا ہے کہ ڈیٹیکٹر سے ذرہ ٹکرایا تھا یا نہیں۔ اگر ذرہ ڈیٹیکٹر سے ٹکرا جائے تو ذرے کی حالت تبدیل ہو جاتی ہے یعنی یہ اینٹینگلڈ نہیں رہتا۔

چنانچہ ہمارے مشاہدے کا لازمی نتیجہ یہ ہوتا ہے کہ ہمیں ذرے کے بارے میں علم تو حاصل ہو جاتا ہے لیکن اس ذرے کی اینٹینگلمنٹ زائل ہو جاتی ہے۔ اگر بالفرض یہ کوانٹم ذرہ ایک ڈیٹیکٹر کے بجائے کسی اور بڑے جسم سے ٹکرا جائے تو بھی اس کی اینٹینگلمنٹ زائل ہو جاتی ہے اگرچہ اس صورت میں ہمیں اس ذرے کے بارے میں کوئی علم حاصل نہیں ہوتا۔ اس بحث سے یہ واضح کرنا مقصود ہے کہ سائنس کی زبان میں 'مشاہدہ' کا مطلب صرف اور صرف یہ ہے کہ کوانٹم ذرہ کسی بڑے جسم سے ٹکرا گیا ہے۔ یہ ضروری نہیں کہ انسان کو اس بات کا علم بھی ہو۔ چنانچہ بعض لوگوں کا یہ دعویٰ کہ کوانٹم ذرات کے مشاہدے کے لیے کوئی شعور درکار ہے، صریحاً غلط ہے۔

چنانچہ اینٹینگلمنٹ کا اصل اسرار یہ ہے کہ اگرچہ دو کوانٹم ذرات جو کہ ایک دوسرے سے لاکھوں نوری سال کے فاصلے پر ہیں کسی ڈیفائنڈ سپن کے حامل نہیں ہیں لیکن اگر ان میں سے کسی ایک کا مشاہدہ کیا جائے تو نہ صرف مشاہدہ کیے جانے والا ذرہ فوراً ایک مخصوص سپن کا حامل ہو جاتا ہے بلکہ دوسرا اینٹینگلڈ ذرہ بھی عین اسی وقت اس کی مخالف سپن اختیار کر لیتا ہے (کیونکہ ان کی اینٹینگلمنٹ زائل ہو جاتی ہے)۔ چونکہ اصولاً کائنات میں کوئی سگنل روشنی کی رفتار سے زیادہ تیزی سے سفر نہیں کر سکتا، اس لیے ہماری توقع یہ رہتی ہے کہ اگر ہمارے پاس والے ذرے نے ایک سپن ابھی حاصل کی تو اس بات کی خبر دوسرے ذرے کو (جو کہہ لیجیے کہ ایک لاکھ نوری سال کے فاصلے پر ہے) ایک لاکھ سال بعد ہونی چاہیے لیکن حقیقت میں دوسرا ذرہ فوراً ہی مخالف سپن اختیار کر لیتا ہے۔

جیسا کہ پہلے بیان کیا گیا، اس مشاہدے کے دوران ان ذرات کی اینٹینگلمنٹ زائل ہو جاتی ہے اس لیے اب اگر ہم ایک ذرے کی سپن کو بدل کر نیچے کی طرف کر دیں تو ایک لاکھ میں دور موجود ذرے کی سپن پر کوئی فرق نہیں پڑے گا اور وہ صرف اپنے لوکل حالات پر ہی منحصر ہو گی۔ چنانچہ یہ کہنا اصولاً اور حقیقتاً غلط ہے کہ اگر ہم اپنے نزدیکی ذرے کی سپن کو تبدیل کر دیں تو دور والے ذرے کی سپن بھی فوراً تبدیل ہو جائے گی۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا۔ اگر ایسا ہوتا تو عمومی نظریہ اضافت غلط ثابت ہو جاتا (یعنی کوئی سگنل روشنی کی رفتار سے زیادہ تیزی سے سفر کرتا پایا جاتا) لیکن ابھی تک کسی کوانٹم فزکس کے ماہر نے یہ دعویٰ نہیں کیا (اور نہ ہی کوئی ایسا دعویٰ اصولاً کیا جا سکتا ہے) کہ اینٹینگلمنٹ سے نظریہ اضافت غلط ثابت ہو گیا ہے۔ اس کے برعکس تمام ماہرین یہ تسلیم کرتے ہیں کہ اگرچہ اینٹینگلمنٹ کو سمجھنا فی الحال ہمارے لیے ممکن نہیں ہے، لیکن اینٹینگلمنٹ کے ذریعے روشنی کی رفتار سے زیادہ تیز سگنل بھیجنا ممکن نہیں ہے۔

اس مضمون میں شروڈنگر کی بلی کے حوالے سے بھی بات کی گئی ہے۔ شروڈنگر اس بات کو سمجھنا چاہ رہا تھا کہ کوانٹم ذرات کے مشاہدے کے لیے انسانی شعور کی ضرورت ہے یا نہیں۔ چنانچہ اس نے ایک مثال سے اپنے نقطۂ نظر کو واضح کرنے کی کوشش کی تھی۔ ادریس صاحب کے مضمون میں یہ مثال یوں درج ہے۔

"اگر ایک بکسے میں ایک ریڈیو ایکٹو ایٹم رکھ دیا جائے، جو ڈِی کے (Decay) کرنے کے بعد ایک بوتل سے جا ٹکرائے جس میں زہر آلُود دُودھ ہے تو یہ بتانا ناممکن ہے کہ بلی مر گئی یا زندہ ہے۔ اگر یہ بکسہ بند ہو تو اس ایٹم کا مشاہدہ کرنے والا کوئی آبزرور یا پیمائشی آلہ موجود نہیں ہو گا اور ریڈیو ایکٹو ایٹم سُپر پوزیشن پر ہو گا۔ جب تک کوئی اس ڈبے کو کھول کر نہیں دیکھے گا، بلی زندہ بھی ہو گی اور مر بھی گئی ہو گی۔ ہم یوں نہیں کہ سکتے کہ "بلی زندہ ہے یا مر گئی ہے" ہم فقط یوں کہہ سکتے ہیں کہ "بلی زندہ ہے اور مر گئی ہے۔"

شروڈنگر کے زمانے میں سائنس دانوں کو یہ معلوم نہیں تھا کہ کوانٹم فزکس میں مشاہدے کا اصل مفہوم کیا ہے چنانچہ اس زمانے میں سائنس دانوں کا اتفاق تھا کہ انسانی شعور مشاہدے کے لیے ضروری ہے۔ تکنیکی الفاظ میں یہ کہا جاتا تھا کہ کسی کوانٹم ذرے کے مشاہدے کے لیے اس کے wavefunction کا collapse ہونا ضروری ہے اور یہ collapse ایک مافوق الفطرت مظہر ہے جو صرف اور صرف انسانی شعور (جو بقول ان سائنس دانوں کے خود سے ایک مافوق الفطرت شےء ہے) کی وجہ سے ہی ممکن ہے۔ لیکن اب ہم جانتے ہیں کہ کوانٹم ذرات کا wavefunction کوئی مادی شے نہیں ہے بلکہ محض ایک ماڈل ہے جو انسانوں نے کوانٹم مظاہر کی وضاحت کے لیے ایجاد کیا ہے۔ سائنسی ماڈلز کو معروضی حقیقت سے خلط ملط کر دینا سائنس اور فلسفے کا ایک بہت پرانا مسئلہ ہے۔ کوانٹم ذرات کے حوالے سے معروضی حقیقت کیا ہے یہ کوئی شخص نہیں جانتا، البتہ اب ہم یہ جانتے ہیں کہ کوانٹم ذرات کے مشاہدے کے لیے کسی شعور کی ضرورت نہیں ہے۔ کوانٹم ذرات اپنی اینٹینگلمنٹ اور دوسری کوانٹم خصوصیات صرف اس وقت تک بر قرار رکھ پاتے ہیں جب تک یہ دوسرے بڑے اجسام سے نہ ٹکرائیں۔ بڑے اجسام سے ٹکرانے کی صورت میں ان کی کوانٹم خصوصیات زائل ہو جاتی ہیں اور وہ بڑے اجسام کی طرح ہی behave کرنے لگتے ہیں۔

چنانچہ شروڈنگر کی بلی کا قصہ بھی یوں طے پاتا ہے کہ اس بات سے قطع نظر کہ کوئی انسان اس بکس کو کھول کر بلی کا مشاہدہ کرے گا یا نہیں، بلی یقیناً یا زندہ حالت میں ہو گی یا مردہ حالت میں۔ کوانٹم ذرات جونہی بوتل سے ٹکرائیں گے ان کی سپرپوزیشن زائل ہو جائے گی اور وہ واضح طور پر یا بوتل کو توڑ دیں گے یا اسے نہیں توڑیں گے لیکن توڑنے اور نہ توڑنے کی سپرپوزیشن کبھی نہیں ہو گی کیونکہ انفرادی ذرات یہ سپرپوزیشن صرف تب تک رکھ پائیں گے جب تک وہ بوتل سے نہیں ٹکرائیں گے۔

ادریس صاحب کے مضمون کا لنک:

https://www.facebook.com/notes/idrees-azad/cheshire-cat/10207097823270860

بنیادی ذرات کی دنیا

کوانٹم فزکس کے بنیادی نظریات (کوانٹم فیلڈ تھیوری) کو سائنس کے بہترین اور کامیاب ترین نظریات میں شمار کیا جاتا ہے۔ مختلف عناصر کی خصوصیات کی وضاحت سے لے کر کمپیوٹرز تک اور بگ بینگ سے لے کر کائنات کے ممکنہ اختتام تک کے مظاہر کی وضاحت کوانٹم تھیوری سے کی جاتی ہے۔ کوانٹم فزکس کے نظریات کی مدد سے ترتیب دیا گیا فزکس کا سٹینڈرڈ ماڈل (جس میں کائنات کے تمام بنیادی ذرات کو بیان کیا جاتا ہے) اس قدر کامیاب ثابت ہوا ہے کہ اب اسے کوانٹم فزکس کا سٹینڈرڈ ماڈل کہنے کی بھی ضرورت نہیں ہے۔ محض سٹینڈرڈ ماڈل کہہ دینے سے ہی تعلیم یافتہ لوگ سمجھ جاتے ہیں کہ زیر بحث موضوع کیا ہے۔ اس سٹینڈرڈ ماڈل کی مدد سے ہم ہائیڈروجن کے ایٹم سے لے کر بڑے سے بڑے ایٹم کی خصوصیات کو سمجھ سکتے ہیں اور یورینیم کے ایٹم کے تابکار ہونے کی وجہ سے لے کر ستاروں کے روشن ہونے کی وجہ تک کائنات کے کم و بیش تمام مشاہدہ شدہ مظاہر کی وضاحت کر سکتے ہیں۔

لیکن سٹینڈرڈ ماڈل میں جو پارٹیکلز بیان کیے گئے ہیں انہیں سمجھنا بے انتہا مشکل ہے۔ کوانٹم فزکس کی ریاضی بے حد پیچیدہ ہے اور ریاضی کو سمجھے بغیر کوانٹم فزکس کے بنیادی مظاہر کو سمجھنا عام انسان کے بس سے باہر ہے۔ اس آرٹیکل میں ان بنیادی پارٹیکلز کی خصوصیات اور ان خصوصیات کے نتیجے میں پیدا ہونے والے مظاہر کو ایک شاہی ریاست کے نظام کی مثال سے سمجھانے کی کوشش کی گئی ہے۔

ہم سب نے پرانے بادشاہوں کے قصے سن رکھے ہیں کہ بادشاہ کس طرح دولت اکٹھا کرتے تھے، کس طرح سازشیں کر کے اپنی حکومت مضبوط کرنے کی کوشش کرتے تھے، غریبوں پر کس طرح حکومت کرتے تھے، اور کس طرح اپنی فوج، ہرکاروں، اور خفیہ ایجنسیوں کو استعمال کر کے دنیا کی نظروں سے اوجھل رہ کر اپنے مقاصد پورے کرتے تھے۔ آج ہم آپ کو اسی طرح کی ایک کہانی سنائیں گے جو ماضی کے کسی بادشاہ کی نہیں ہے اور نہ ہی مستقبل کی کسی مملکت کے بارے میں ہے۔ یہ کہانی آج کی کہانی ہے، یہ کہانی کائنات میں ہر جگہ، ہر وقت دہرائی جا رہی ہے۔ اس کہانی کے کردار ہمارے چاروں طرف موجود ہیں لیکن ہم انہیں دیکھ نہیں پاتے کیونکہ اس کہانی کے کردار کائنات کی بنیادی قوتوں کی اوٹ میں چھپے رہتے ہیں۔ ان ذرات کی ایک جھلک دیکھنے کے لیے ہمیں دنیا کے طاقتور ترین پارٹیکل ایکسیلیریٹرز کو استعمال کرنا پڑتا ہے۔

آج سے محض سو سال پہلے تک ہمیں بنیادی ذرات کی دنیا کے کسی بھی کیریکٹر کا کوئی علم نہیں تھا۔ سو سال پہلے ہم نے وہ ٹیکنالوجی ایجاد کرنا شروع کی جس سے ایٹم سے بھی چھوٹے بنیادی ذرات کو ڈیٹیکٹ کیا جا سکے۔ ہمیں لگ بھگ سو سال پہلے معلوم ہوا کہ ایٹم واقعی طبعی وجود رکھتے ہیں۔ اس کے بعد مزید تجربات سے ہمیں یہ بھی معلوم ہوا کہ ایٹم اگرچہ ناقابلِ یقین حد تک چھوٹا ہوتا ہے لیکن یہ ناقابلِ تقسیم ذرہ نہیں ہے بلکہ مزید چھوٹے ذرات سے مل کر بنا ہے۔ اب ہم یہ جانتے ہیں کہ ایٹم کے اندر بھی ایک دنیا آباد ہے جو بے حد پیچیدہ ہے۔

اگرچہ ان ذرات کو تفصیل سے سمجھنے کے لیے کوانٹم فزکس کا بنیادی علم درکار ہے لیکن ہم ان ذرات کو سمجھنے کے لیے ایک کہانی سے کام لیں گے۔

شاہی خاندان

سب سے پہلے ہم ذرات کی اس دنیا کے شاہی خاندان کی بات کریں گے جو بنیادی ذرات میں سب سے اہم ہیں۔ ان پارٹیکلز کو ہم قوارکس (Quarks) کہتے ہیں۔ کسی بھی شاہی خاندان کے فرد کی طرح قوارکس بھی دوسرے ذروں کی نسبت بڑے ہوتے ہیں یعنی ان کا ماس زیادہ ہوتا ہے اور روایتی شاہی خاندانوں کی طرح ان کی آپس میں چپقلش چلتی رہتی ہے۔ قوارکس کئی قسم کے ہوتے ہیں لیکن ان میں سب سے اہم بادشاہ یعنی اپ قوارک (Up Quark) اور ملکہ یعنی ڈاؤن قوارک (Down Quark) ہیں جو آپس میں مل کر انتہائی مضبوط اور دیرپا تعلق بناتے ہیں۔ ان تعلقات کے نتائج کو ہم پروٹان اور نیوٹران کہتے ہیں۔ روایتی شاہی جوڑوں کے برعکس بنیادی ذرات کی بادشاہت کے قوانین کچھ مختلف ہیں۔ اس بادشاہت میں مضبوط جوڑے تین تین قوارکس کے ملنے سے بنتے ہیں۔ جب دو اپ قوارک اور ایک ڈاؤن قوارک ملتے ہیں تو ایک پروٹان تشکیل پاتا ہے۔ جب دو ڈاون قوارک اور ایک اپ قوارک ملتے ہیں تو ایک نیوٹران بنتا ہے۔ پروٹانز اور نیوٹرانز کو آپ شاہی خاندان کے شہزادے سمجھ لیجیے۔ شاہی خاندان کے حکمران (اَپ اور ڈاؤن قوارکس) ان شہزادوں یعن پروٹان اور نیوٹرانز کو اکٹھا کر کے انتہائی مضبوط قلعے بناتے ہیں جن میں دوسرے پارٹیکلز کا داخلہ قریب قریب ناممکن ہوتا ہے۔ ان قلعوں کو ہم ایٹم کے مرکزے کہتے ہیں۔ یہ قلعے انتہائی مضبوط ہوتے ہیں اور اربوں سالوں تک مستحکم رہ سکتے ہیں۔

شاہی قوت

پارٹیکلز کی دنیا کے شہزادوں یعنی پروٹانز اور نیوٹرانز کے مضبوط اور مستحکم ہونے کا راز محض بادشاہ اور ملکہ یعنی اپ اور ڈاؤن قوارکس کی شخصیت ہی نہیں ہے۔ انہیں مستحکم بنانے میں بہت بڑا کردار سٹرانگ نیوکلیئر فورس کا ہے جسے ہم شاہی قوت کہہ سکتے ہیں۔ اگرچہ اس قوت کو شاہی قلعے یعنی ایٹم کے مرکزے سے باہر دیکھنا مشکل ہے، لیکن شاہی قلعے میں یہ قوت سب سے زیادہ طاقت رکھتی ہے۔ اپ اور ڈاؤن قوارکس جو بادشاہ اور ملکہ کی طرح ایٹم کے مرکزی قلعے یعنی مرکزے میں رہتے ہیں اپنی بادشاہت مستحکم بنانے کے لیے سٹرانگ نیوکلیر فورس کو استعال کرتے ہیں۔ سٹرانگ نیوکلیئر فورس اس قدر طاقتور ہے کہ یہ نہ صرف قوارکس کو مقید کر کے پروٹانز اور نیوٹرانز بناتی ہے بلکہ پھر پروٹانز اور نیوٹرانز کو اکٹھا رکھ کر ایٹموں کے مرکزے بھی بناتی ہے۔ گویا یہ سٹرانگ نیوکلیر فورس ہی ہے جو پروٹانز اور نیوٹرانز کو مرکزے میں بند رکھتی ہے۔

جس طرح عام طور پر شہزادے ایک دوسرے سے نفرت کرتے ہیں اور ہر شہزادہ دوسرے شہزادوں کو قلعے سے نکالنے کی پوری کوشش کرتا ہے اسی طرح مرکزے میں ذرات کی دنیا کے شہزادے یعنی پروٹانز ایک دوسرے کو پرے دھکیلنے اور مرکزے سے نکالنے کی کوشش کرتے ہیں۔ تمام پروٹانز پر مثبت چارج ہوتا ہے اس لیے وہ برقی مقناطیسی فورس کی مدد سے ایک دوسرے کو پرے دھکیلنے کی کوشش کر رہے ہوتے ہیں۔ لیکن یہ شاہی قوت یعنی سٹرانگ نیوکلیئر فورس اس قدر طاقتور ہے کہ یہ نہ صرف قوارکس کو پروٹانز اور نیوٹرانز میں مقید کرتی ہے بلکہ پروٹانز کی ایک دوسرے کو دفع کرنے کی کوشش پر قابو پا کر انہیں (اور نیوٹرانز کو) اپنی طرف کھینچ لیتی ہے اور انہیں ایٹم کے مرکزوں میں قید کر لیتی ہے۔

پروٹانز اور نیوٹرانز سے مرکزے بننے کے عمل کو ہم ایک اور مثال سے سمجھنے کی کوشش کرتے ہیں۔ ہم ہر پروٹان اور نیوٹران کو ایک شاہی محل تصور کر سکتے ہیں جن میں سے ہر ایک محل میں ایک شاہی جوڑا یعنی اپ اور ڈاؤن قوارک رہتا ہے۔ جس طرح کئی محلات کو ملا کر ایک بڑا قلعہ بنایا جا سکتا ہے جو ایک بڑے شہر کا مضبوط مرکز بن سکتا ہے اسی طرح سٹرانگ فورس ان انفرادی محلات یعنی مختلف پروٹانز اور نیوٹرانز کو اکٹھا کر کے مضبوط مرکزے بناتی ہے جسے محلات کا ایک پورا کمپلکس یا شاہی قلعہ سمجھا جا سکتا ہے۔ اس قلعے کے گرد ایک شہر آباد ہو سکتا ہے جس کا ذکر آگے آئے گا۔

شاہی کمزوریاں

ایک دفعہ مضبوط قلعے بن جائیں تو پھر انہیں توڑنا بہت مشکل ہوتا ہے اگرچہ ناممکن نہیں ہوتا۔ اگرچہ قلعوں کی دیواریں شاہی خاندان کو چھوٹی موٹی یورش سے محفوظ رکھتی ہیں لیکن دشمن کی طاقتور فوجیں گولہ باری کر کے قلعوں کی دیواریں توڑ سکتی ہیں۔ سٹرانگ فورس کائنات کی طاقتور ترین قوت ہے جو کسی بھی دوسری قوت سے ہزاروں گنا زیادہ طاقتور ہے۔ لیکن اس میں ایک خامی بھی ہے۔ سٹرانگ فورس کی رینج بہت ہی کم ہے۔ اگرچہ مرکزے کے محلات کے اندر سٹرانگ فورس بے حد طاقتور ہے اور پروٹانز اور نیوٹرانز کو مرکزے میں جکڑے رکھتی ہے لیکن چونکہ اس کی رینج بہت ہی کم ہے اس لیے شاہی خاندان اس قوت کو دور دراز کے ذرات کو کنٹرول کرنے کے لیے استعمال نہیں کر سکتا۔ چنانچہ دور دراز کے ذرات کو کنٹرول کرنے کے لیے شاہی خاندان یعنی قوارکس کو دوسری قوتوں کا سہارا لینا پڑتا ہے۔

شاہی قوت یعنی سٹرانگ فورس نہ صرف قوارکس کو پروٹانز اور نیوٹرانز کی صورت میں مقید رکھتی ہے بلکہ ان پروٹانز اور نیوٹرانز کے ماس کی بنیادی وجہ بھی ہے۔ پروٹان اور نیوٹران میں تین تین قوارکس ہوتے ہیں۔ لیکن اگر ہم پروٹان کا ماس دیکھیں تو وہ اس کو بنانے والے قوارکس کے ماس سے کہیں زیادہ ہوتا ہے۔ اب سوال یہ پیدا ہوتا ہے کہ پروٹان کا ماس قوارکس کے مجموعی ماس سے اس قدر زیادہ کیوں ہے؟ اس کی وجہ سٹرانگ فورس ہی ہے جو قوارکس کو اکٹھا رکھنے کے لیے درکار انرجی فراہم کرتی ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ $E=mc^2$ کے فارمولہ سے ہم کسی بھی انرجی کا متبادل ماس معلوم کر سکتے ہیں۔ اگر ہم قوارکس کو پروٹان میں مقید کرنے کے لیے درکار انرجی کی مقدار کا متبادل ماس کیلکولیٹ کریں اور اس انرجی کے متبادل ماس میں پروٹانز میں موجود تین قوارکس کا ماس جمع کریں تو جو نتیجہ نکلتا ہے وہ عین پروٹان کے ماس کے برابر ہوتا ہے۔

اسے اس طرح سے سمجھیے کہ محل کی مضبوطی صرف بادشاہ اور ملکہ کی موجودگی سے نہیں ہوتی بلکہ اس میں محل کی دیواروں کی موٹائی، محل کی بنیادوں کی گہرائی اور محل کے میناروں کی بلندی بھی شامل ہوتی ہے۔ کوانٹم ذروں کی بادشاہت میں یہ محل سٹرانگ فورس کی وجہ سے بنتے ہیں اور پروٹانز کو استحکام بخشتے ہیں۔ جس طرح محل کا کل ماس محل میں رہنے والے لوگوں کے ماس سے کئی گنا زیادہ ہوتا ہے اسی طرح ایٹم کے مرکزے کا ماس اس میں موجود قوارکس کے ماس سے کئی گنا زیادہ ہوتا ہے۔

عوام

شاہی محل سے باہر عوام رہتے ہیں جو غریب ہیں، جن پر بادشاہ حکومت کرتے ہیں لیکن ان سے کبھی بالمشافہ گفتگو نہیں کرتے۔ یہ عوام بادشاہ کے محل سے بہت دور چھوٹی چھوٹی بستیوں میں رہتے ہیں۔ کوانٹم پارٹیکلز کی بستی میں یہ غریب ذرے لیپٹانز کے خاندان سے تعلق رکھنے والے ذرات ہیں جنھیں الیکٹران کہتے ہیں۔ الیکٹرانز ایٹم کے مرکزے سے کوسوں دور رہتے ہیں لیکن ان کی کوشش یہ ہوتی ہے کہ مرکزے کے جس قدر قریب ممکن ہو رہ سکیں۔ بادشاہ کے لیے دوسرے بادشاہوں سے تعلقات بنانے کا سارا کام یہی غریب الیکٹران کرتے ہیں۔ کائنات میں جتنے بھی کیمیکل بانڈز بنتے ہیں وہ الیکٹران ہی بناتے ہیں۔ اگر دو شاہی قلعے یعنی مرکزے ایک دوسرے سے کوئی تعلق یا بانڈ بنانا چاہتے ہیں تو وہ الیکٹرانز کا تبادلہ کر کے یا الیکٹرانز کو دونوں قلعوں میں شیئر کر کے یہ تعلق بناتے ہیں۔ بادشاہ اور ملکہ تو شاہی قلعے میں محفوظ ہوتے ہیں، انہیں اس بات کی کوئی پرواہ نہیں ہوتی کہ غریب لوگ یہ تعلق کیسے بنائیں گے یعنی ایک شہر یعنی ایٹم سے الیکٹران دوسرے شہر میں منتقل ہو جائے گا یا پھر ایک الیکٹران دونوں شہروں میں رہے گا۔

لیپٹانز بنیادی ذرات کا ایک گروپ ہے جس میں الیکٹرانز، میوآنز، اور ٹاؤ شامل ہیں۔ ہم الیکٹرانز سے تو اچھی طرح سے واقف ہیں۔ الیکٹرانز ہی کمپیوٹرز اور سیل فون کو ممکن بناتے ہیں۔ میوآنز بالکل الیکٹران کی طرح سے ہوتے ہیں اگرچہ ان کا ماس الیکٹرانز سے زیادہ ہوتا ہے۔ ٹاؤ بھی الیکٹران کی طرح کا ہے لیکن اس کا ماس الیکٹران اور میوآن دونوں سے زیادہ ہے۔ سوال یہ پیدا ہوتا ہے کہ اگر یہ تینوں لیپٹانز ایک سی خصوصیات رکھتے ہیں تو ایسا کیوں ہے کہ ہمیں الیکٹران تو جگہ جگہ ملتے ہیں، لیکن میوآنز اور خصوصاً ٹاؤ ہمیں کبھی نہیں ملتے؟ اس کی وجہ یہ ہے کہ اس کائنات کا ایک بنیادی اصول ہے کہ ہر بنیادی ذرہ کم سے کم انرجی رکھنے کی کوشش کرتا ہے۔ جس طرح جن لوگوں کا وزن زیادہ ہو وہ ڈائٹنگ کر کے اپنا وزن کم کرنے کی کوشش کرتے ہیں اسی طرح بنیادی ذرات بھی اپنا ماس (جو کہ انرجی کی ہی ایک شکل ہے) کم سے کم کرنے کی کوشش کرتے ہیں۔

استحکام

بنیادی ذرات کے اس محل میں اگر کوئی باشندہ بڑا ہونے لگے تو فوراً اس کے پر کاٹ کر اس کی انرجی کم کر دی جاتی ہے۔ ایک ہی خصوصیات کے حامل ذرات کا ماس جس قدر زیادہ ہو گا وہ ذرات اسی قدر unstable ہوں گے اور تابکاری سے کچھ انرجی خارج کر کے کم ماس کے پارٹیکل میں تبدیل ہو جائیں گے۔ میوآن اور ٹاؤ ان مزارعوں کی طرح ہیں جو کچھ امیر ہونے لگے ہیں۔ اس محل میں امارت بالکل برداشت نہیں کی جاتی چنانچہ میوآنز اور ٹاؤ کوئی بنیادی پارٹیکل خارج کر کے اپنی انرجی یعنی ماس کم کر لیتے ہیں اور کچھ نیوٹرینو خارج کر کے الیکٹران میں تبدیل ہو جاتے ہیں۔ اسی طرح ٹاؤ، جن کا ماس الیکٹران اور میوآن دونوں سے زیادہ ہوتا ہے تابکاری سے میوآن یا پھر براہِ راست الیکٹران میں تبدیل ہو جاتے ہیں۔ الیکٹران چونکہ لیپٹانز میں سب سے کم ماس کا حامل ہے یعنی سب سے غریب ہے اس لیے یہ ایک سٹیبل یعنی مستحکم ذرہ ہے۔

کم سے کم انرجی کے حامل پارٹیکلز کے سٹیبل ہونے کا قانون قوارکس پر بھی لاگو ہوتا ہے۔ قوارکس کو ہم پہلے بھی ڈسکس کر چکے ہیں۔ کائنات میں چھ مختلف قسم کے قوارکس پائے جاتے ہیں۔ لیکن ان میں سے صرف دو یعنی اپ اور ڈاؤن قوارکس ہی دیکھنے کو ملتے ہیں جن سے پروٹانز اور نیوٹرانز بنتے ہیں۔ باقی چار قوارکس کے نام ہیں ٹاپ (Top)، باٹم (Bottom)، سٹرینج (Strange)، اور چارم (Charm)۔ ان چاروں کا ماس اپ اور ڈاؤن قوارکس سے زیادہ ہوتا ہے اسی لیے یہ سٹیبل نہیں ہیں اور شاذونادر ہی دیکھنے کو ملتے ہیں۔

ایک طرح سے دیکھا جائے تو یہ بات انتہائی حیرتناک ہے کہ سب سے غریب یعنی سب سے کم انرجی کے حامل قوارکس، ٹاپ اور باٹم قوارک، کائنات میں موجود تمام پروٹان اور نیوٹرانز بناتے ہیں، یعنی ہر ایٹم کے مرکزے میں رہتے ہیں جبکہ زیادہ امیر یعنی زیادہ انرجی کے حامل قوارکس کو فوراً تہہ تیغ کر دیا جاتا ہے۔ یہی اس کائنات کا اصول ہے کہ سب سے کمزور پارٹیکلز ہی مستحکم رہ پاتے ہیں۔ ہر بنیادی ذرے کی کوشش ہوتی ہے کہ وہ کم سے کم انرجی کی حالت میں رہے۔ اس لیے زیادہ ماس کے حامل چار قوارکس بہت کم عرصے میں ڈیکے ہو کر کم ترین ماس کے حامل ٹاپ یا باٹم قوارک بن جاتے ہیں تاکہ سٹیبل رشتے استوار کر سکیں۔ اسی طرح زیادہ ماس کے حامل لیپٹانز یعنی میوآن اور ٹاؤ بہت جلد ڈیکے ہو کر الیکٹران بن جاتے ہیں جو لیپٹانز میں سب سے کم ماس کے حامل ہیں۔

ہم یہ کہہ سکتے ہیں کہ بنیادی ذرات کی کائنات کے اس شاہی نظام میں سب سے غریب بادشاہ سب سے غریب عوام پر حکومت کرتے ہیں اور امراء کو فوراً قتل کر دیا جاتا ہے۔

تو اب تک کی کہانی یوں ہے کہ سٹرانگ نیوکلیئر فورس کو استعمال کر کے ایک قلعہ بنایا گیا ہے جسے ہم مرکزہ کہتے ہیں جس میں شاہی خاندان یعنی اپ اور ڈاؤن قوارکس مل کر پروٹانز اور نیوٹرانز کی شکل میں رہتے ہیں۔ اس قلعے کی دیواروں کے باہر الیکٹران رہتے ہیں جنہیں محل کے پاس پھٹکنے کی اجازت نہیں ہے لیکن محل کی کشش کی وجہ سے وہ محل سے دور بھی نہیں جاتے۔ اب سوال یہ ہے کہ اگر سٹرانگ فورس اس قلعے کی دیواروں سے باہر اثر نہیں کرتی تو شاہی خاندان یعنی اپ اور ڈاؤن قوارکس قلعے سے باہر موجود لیپٹانز سے کیسے انفارمیشن کا تبادلہ کرتے ہیں؟ شاہی قلعے کے باسی کوسوں دور کسی دوسرے شاہی قلعے میں رہنے والے شاہی خاندان سے انفارمیشن کا تبادلہ کیسے کرتے ہیں؟

شاہی قاصد

شاہی خاندان باہر کی دنیا سے کبھی براہِ راست بات چیت نہیں کرتے۔ باہر کی انفارمیشن حاصل کرنے اور باہر انفارمیشن ارسال کرنے کے لیے شاہی قاصدوں کو استعمال کیا جاتا ہے۔ بنیادی پارٹیکلز کی بادشاہت میں ان قاصدوں کو ہم فوٹان کہتے ہیں۔ فوٹانز دراصل برقی مقناطیسی قوت کے کیریئر ہیں جن کا کوئی ماس نہیں ہوتا اور جو روشنی کی رفتار سے سفر کرتے ہیں۔ فوٹانز کی رینج کی کوئی حد نہیں ہے یعنی فوٹانز اربوں سال تک خط مستقیم میں سفر کر سکتے ہیں اور اس وقت تک سفر کرتے رہتے ہیں جب تک کسی چیز سے ٹکرا کر اس میں جذب نہ ہو جائیں۔

کسی بھی سورس سے خارج ہونے والے فوٹانز عموماً چاروں طرف پھیلنے لگتے ہیں۔ اس لیے کوئی چیز فوٹانز کے سورس سے جس قدر زیادہ فاصلے پر ہو گی، سورس سے خارج ہونے والے فوٹانز اسی قدر کم تعداد میں اس چیز تک پہنچ پائیں گے۔ باقی فوٹانز کسی اور سمت میں جا رہے ہوں گے۔

مثال کے طور پر سورج سے خارج ہونے والے تمام فوٹان ہم تک نہیں پہنچتے۔ سورج سے فوٹانز ہر سمت میں خارج ہوتے ہیں۔ہم تک سورج کے صرف وہی فوٹانز پہنچتے ہیں جو سورج سے ہماری سمت خارج ہوئے۔ سورج کے علاوہ اربوں ستاروں اور کہکشاؤں سے خارج ہونے والے فوٹانز ہم تک پہنچ رہے ہیں۔ یہی وجہ ہے کہ ہم ان ستاروں اور کہکشاؤں کو دیکھ سکتے ہیں۔ اس وقت ہمارے پاس ایسے فوٹانز بھی پہنچ رہے ہیں جو اب سے 13.8 ارب سال پہلے اس جگہ سے خارج ہوئے تھے جو اب قابل مشاہدہ کائنات کی حد ہے۔ ان فوٹانز پر مشتمل شعاعوں کو کاسمک بیک گراؤنڈ شعاعیں کہا جاتا ہے۔

فوٹان کی زندگی کا واحد مقصد برقی مقناطیس فورس کو ایک جگہ سے دوسری جگہ پہنچانا ہے۔ فوٹانز شاہی قلعے یعنی ایٹم کے مرکزے سے خارج ہو کر باہر کی دنیا تک پہنچ سکتے ہیں اور ایک شاہی قلعے کا پیغام دوسرے شاہی قلعے یعنی کسی دوسرے ایٹم کے مرکزے تک پہنچا سکتے ہیں۔ اسی طرح فوٹانز شاہی قلعے کا پیغام قلعے سے باہر رہنے والے مزارعوں (یعنی لیپٹانز) تک بھی پہنچا سکتے ہیں۔ یہ پیغام محبت یعنی کشش کا بھی ہو سکتا ہے اور نفرت یعنی پرے دھکیلنے کا بھی ہو سکتا ہے۔ گویا فوٹانز شاہی خاندان کے ہرکارے ہیں۔

الیکٹرانز بھی ان قاصدوں کو انرجی حاصل کرنے اور انرجی خارج کرنے کے لیے استعمال کرتے ہیں۔ فوٹانز کے پیغامات فریکونسی کی صورت میں ہوتے ہیں جو فوٹانز کی انرجی کی مقدار کو ظاہر کرتی ہے۔ اگر کسی فوٹان کی انرجی عین اس انرجی کے برابر ہے جو الیکٹران کو شاہی قلعے سے دور کی آبادی (یعنی آوٹر شیل) میں لے جاسکے تو الیکٹران اس قاصد کو قتل کر کے اس کی انرجی خود حاصل کر لیتے ہیں اور اس انرجی سے وہ قلعے سے دور والے شیل میں چلے جاتے ہیں۔ لیکن چونکہ اس بادشاہت کا قانون یہ ہے کہ ہر ذرہ اپنی کم سے کم انرجی کی حالت میں رہے گا اس لیے جلد ہی الیکٹرانز یہ انرجی ایک فوٹان خارج کر کے واپس پہلے والے شیل میں چلے جاتے ہیں جو شاہی قلعے یعنی ایٹم کے مرکزے کے زیادہ نزدیک ہوتا ہے۔

خفیہ نیٹ ورک

فوٹانز مرکزے کا پیغام کائنات میں کہیں بھی پہنچا سکتے ہیں۔ لیکن کئی بنیادی پارٹیکلز یہ پیغام سننے کو تیار نہیں ہوتے۔ فوٹانز صرف انہی پارٹیکلز کو پیغام پہنچا سکتے ہیں جن پر کوئی برقی چارج ہو۔ اگر پارٹیکلز پر برقی چارج نہیں ہے تو ایسے پارٹیکلز فوٹانز کو نظر نہیں آتے اور فوٹانز ان سے کوئی تعاملات نہیں کر سکتے۔ تو پھر شاہی خاندان ایسے پارٹیکلز کو کنٹرول کرنے کے لیے کیا طریقہ استعمال کرتے ہیں جن پر کوئی برقی مقناطیسی چارج نہیں ہے اور جو فوٹانز کے ساتھ تعاملات نہیں کرتے؟ شاہی خاندان ایسے سرکشوں کو کنٹرول کرنے کے لیے اپنا خفیہ نیٹ ورک استعمال کرتے ہیں جسے گریویٹی یا کشش ثقل کہا جاتا ہے۔

فوٹانز کی طرح گریویٹی کا اثر بھی روشنی کی رفتار سے سفر کرتا ہے۔ فوٹانز کی طرح گریویٹی کی رینج کی بھی کوئی حد نہیں ہے۔ لیکن فوٹانز کے برعکس، گریویٹی کائنات کی ہر مادی چیز اور ہر قسم کی انرجی کو دیکھ سکتی ہے۔ گریویٹی کے اثر سے کسی قسم کی انرجی اور کسی قسم کا ماس نہیں بچ سکتا۔ لیکن ہر اچھے جاسوس کی طرح، گریویٹی انتہائی خاموشی سے اپنا کام کرتی ہے۔ گریویٹی کائنات کی سب سے کمزور بنیادی فورس ہے جس کی قوت

سٹرانگ نیوکلیئر فورس سے 10^{40} گنا کم ہے (یعنی ایک کے بعد چالیس صفر لگائے جائیں تو جو نمبر بنتا ہے گریویٹی کی قوت سٹرانگ فورس سے اتنے گنا کم ہے)۔ چنانچہ اگرچہ گریویٹی کا اثر ہر چیز پر ہوتا ہے خواہ اس پر چارج ہو یا نہ ہو، لیکن برقی مقناطیسیت کی نسبت، گریویٹی کا اثر بہت کم ہوتا ہے۔

شاہی قلعے میں موجود شاہی خاندان کے اپ اور ڈاؤن قوارک اس خفیہ نیٹ ورک یعنی گریویٹی کی بدولت پوری کائنات سے تعاملات کر سکتے ہیں لیکن انتہائی کمزور طریقے سے، کیونکہ گریویٹی انتہائی کمزور قوت ہے۔

بھیس بدلنے والے شودر

بنیادی پارٹیکلز کے اس ملک میں مزدوروں کی بستی سے بھی دور، شاہی محل کی رینج سے بہت دور، شہر سے باہر وہ شودر رہتے ہیں جن کا کوئی گھر نہیں، اور جن کے ساتھ کوئی شخص بھی تعلق نہیں رکھنا چاہتا۔ یہ نیوٹرینو ہیں جو لیپٹانز کی قسم ہیں لیکن ایٹم کے مرکزے کے پاس نہیں رہتے کیونکہ مرکزے کے پاس کی جگہ پر چوہدری قسم کے لیپٹانز یعنی الیکٹرانز نے قبضہ کر رکھا ہے۔ اگر شاہی خاندان کے ارکان کے کسی بھی تعامل میں نیوٹرینو پیدا ہوں تو انہیں پیدا ہوتے ہی ملک بدر کر دیا جاتا ہے۔

نیوٹرینو کی تین قسمیں ہیں: الیکٹران نیوٹرینو، میوآن نیوٹرینو، اور ٹاؤ نیوٹرینو۔ جو لیپٹان (الیکٹران) محل کے پاس کی بستیوں میں رہتے ہیں ان پر منفی چارج ہوتا ہے۔ لیکن جو لیپٹان یعنی نیوٹرینو بستیوں سے بہت دور بیابانوں میں آوارہ پھرتے رہتے ہیں ان پر کوئی الیکٹرک چارج نہیں ہوتا۔ نیوٹرینو خانہ بدوش ہوتے ہیں جن کی کوئی بستی نہیں ہوتی اور نہ ہی کوئی دوسرا پارٹیکل ان کے ساتھ تعاملات کرتا ہے۔ نیوٹرینو اپنے آپ کو چھپا کر رکھتے ہیں یعنی ہمیں عموماً یہ علم نہیں ہوتا کہ ہم کس قسم کے نیوٹرینو کے ساتھ تعاملات کر رہے ہیں۔ اس لیے انہیں نقاب پوش بھی کہا جا سکتا ہے۔

چونکہ نیوٹرینوز پر کوئی چارج نہیں ہوتا اس لیے یہ کسی ہرکارے، کسی حکومتی ادارے کے احکامات کی پابندی نہیں کرتے۔ یہ فوٹانز کے ساتھ کوئی تعامل نہیں کرتے اور قوارکس کو بالکل نظر انداز کرتے ہیں۔ چونکہ یہ فوٹانز کی نظر سے اوجھل ہوتے ہیں اس لیے یہ چھپ کر شاہی قلعے کی دیواریں بھی پار کر سکتے ہیں اور مرکزے میں سے با آسانی گزر سکتے ہیں۔ جس طرح شاہی محل میں فقیروں کو نظر انداز کر دیا جاتا ہے اسی طرح نیوٹرینو بھی ہر جگہ جا سکتے ہیں لیکن انہیں ہر کوئی نظر انداز کر دیتا ہے۔

نیوٹرینو کے دوسرے پارٹیکلز کے ساتھ تعاملات اس قدر کم ہوتے ہیں کہ ایک عرصے تک ہم یہی سمجھتے رہے کہ نیوٹرینو کا کوئی ماس نہیں ہوتا۔ ہمیں حال ہی میں یہ علم ہوا ہے کہ نیوٹرینو کا بھی ماس ہوتا ہے اگرچہ انتہائی کم۔

اگرچہ نیوٹرینوز زیادہ تر گمنام رہتے ہیں لیکن کبھی کبھار اپنی موجوگی کا اظہار بھی کر دیتے ہیں۔ اگرچہ یہ شاہی محل سے بھی گزر جاتے ہیں اور کوئی ان کا نوٹس نہیں لیتا لیکن لاکھوں کروڑوں میں ایک نیوٹرینو کبھی کبھار شاہی خاندان کے قوارکس سے بات چیت بھی کر لیتا ہے۔ ایسا ہو تو شاہی محل کا نظام بگڑ سکتا ہے۔ مثلاً اگر کبھی کوئی نیوٹرینو کسی پروٹان سے تعامل کر بیٹھے تو یہ پروٹان ایک میوؤن خارج کر کے نیوٹران میں تبدیل ہو جاتا ہے جس سے ایٹم کی شناخت ہی تبدیل ہو جاتی ہے اور وہ ایٹم کسی اور عنصر کا ایٹم بن جاتا ہے۔

نیوٹرینو اس قدر چھپ کر رہتے ہیں کہ ان کی اپنی پہچان بھی مستقل نہیں ہے۔ یوں سمجھیے کہ نیوٹرینو منہ پر نقاب لگا کر پھرتے ہیں اس لیے ہمیں یہ معلوم نہیں ہو پاتا کہ ہم کس قسم کے نیوٹرینو سے بات چیت کر رہے ہیں۔ کبھی کبھار یہ منہ سے ماسک اتار کر اپنی پہچان کروا دیتے ہیں اور ہم انہیں الیکٹران نیوٹرینو کے طور پر دیکھتے ہیں۔ لیکن وہی نیوٹرینو کچھ دیر بعد اپنا ماسک دوبارہ اتارتا ہے تو ہم یہ دیکھ کر ہکا بکا رہ جاتے ہیں کہ یہ تو ٹاؤ نیوٹرینو ہے۔ کچھ دیر بعد اسے دوبارہ دیکھیں تو یہ میو آن نیوٹرینو بن چکا ہوتا ہے۔ نیوٹرینو میں یہ قابلیت ہوتی ہے کہ وہ وقت کے ساتھ ساتھ اپنی جون بدلتے رہتے ہیں۔

سرکش ذرات

یوں سمجھ لیجیے کہ ایٹم کی سلطنت میں ذات پات کا ایک مکمل سسٹم موجود ہے۔ شاہی محل میں شاہی خاندان یعنی قوارکس نیوٹرانز اور پروٹانز کی صورت میں محلات کے کمپلیکس یا قلعے میں رہتے ہیں جسے ہم ایٹم کا مرکزہ کہتے ہیں۔ اس قلعے کے باہر مزدور کسان یعنی لیپٹانز رہتے ہیں۔ یوں تو شاہی محل میں عموماً امن امان ہی رہتا ہے لیکن کبھی کبھی محل میں سرکشی بھی ہو جاتی ہے۔ کبھی کوئی نیوٹران محل کے خلاف بغاوت کر دیتا ہے اور محل کو چھوڑ کر فرار ہو جاتا ہے۔ کبھی کوئی الیکٹران سازش کر کے قلعے میں گھس جاتا ہے۔ یہ الیکٹران مرکزے میں گھوم پھر کر کسی پروٹان کے ساتھ چمٹ جاتا ہے جسے سے پروٹان کا چارج زائل ہو جاتا ہے اور پروٹان نیوٹران میں تبدیل ہو جاتا ہے۔ اس پراسیس میں ایک الیکٹران نیوٹرینو خارج ہوتا ہے۔ چونکہ اس پراسیس میں ایٹم میں پروٹانز کی تعداد کم ہو گئی ہے (کیونکہ ایک پروٹان نیوٹران میں تبدیل ہو گیا ہے) اس لیے اب یہ ایٹم کسی دوسرے عنصر کا ایٹم بن جاتا ہے اور اس کی خصوصیات بھی تبدیل ہو جاتی ہیں۔ اس پراسیس کو تابکاری کہا جاتا ہے۔

شاہی قلعے کی صفائی

جب کوئی سرکش ذرہ شاہی قلعے میں اس قسم کی گڑبڑ پیدا کرے تو قلعے کی صفائی کون کرتا ہے؟ شاہی ہرکارے یعنی فوٹان یہ کام نہیں کرتے کیونکہ ان کے ذمہ تو صرف پیغام رسانی ہے۔ سٹرانگ فورس کا کام سلطنت کو اکٹھا رکھنا ہے اور ویسے بھی سٹرانگ فورس کی رینج انتہائی کم ہوتی ہے۔ گریویٹی کی رینج تو بہت زیادہ ہے لیکن گریویٹی انتہائی کمزور قوت ہے وہ یہ کام نہیں کر سکتی۔ اس کام کے لیے مرکزے کے قلعے میں خاکروب متعین ہیں جو ویک نیوکلیر فورس کے تحت کام کرتے ہیں۔ اس فورس کے کارندے W اور Z بوزونز ہیں۔ ان کے پاس ایسے اختیارات ہیں جو شاہی قلعے میں کسی اور کے پاس نہیں ہیں۔ یہ بوزونز ایک قسم کے قوارک کو دوسرے قسم کے قوارک میں تبدیل کر سکتے ہیں۔ خاص طور پر یہ بوزونز اپ قوارک کو ڈاؤن قوارک میں اور ڈاؤن قوارک کو اپ قوارک میں تبدیل کر سکتے ہیں۔ اور یوں ایک پروٹان نیوٹران میں تبدیل ہو سکتا ہے یا ایک نیوٹران پروٹان میں تبدیل ہو سکتا ہے۔ گویا یہ بوزونز اگر کسی الیکٹران کو مرکزے میں بھٹکتے ہوئے دیکھ لیں تو اس کے ماس اور چارج کو استعمال کر کے پروٹان کو نیوٹران مین تبدیل کر سکتے ہیں۔ یہ کام صرف ویک نیوکلیئر فورس ہی سرانجام دے سکتی ہے۔

اس کا یہ مطلب بھی ہے کہ ویک نیوکلیئر فورس وہ واحد فورس ہے جو کوارکس اور لیپٹانز دونوں سے تعاملات کر سکتی ہے۔ یہ درست ہے کہ برقی مقناطیسیت الیکٹرانز اور پروٹانز دونوں کے ساتھ تعاملات کر سکتی ہیں لیکن برقی مقناطیسیت نیوٹرینوز پر اثر انداز نہیں ہوتی۔ اس کے برعکس نیوٹرینوز پر صرف ویک نیوکلیئر فورس ہی اثر انداز ہو سکتی ہے۔ اس لیے ویک فورس ایسے تعاملات کر سکتی ہے جو کوئی اور بنیادی قوت نہیں کر سکتی۔

شاہی خاندان کی رنگینیاں

ہم نے دیکھا کہ پارٹیکل اور اینٹی پارٹیکل کی تمام خصوصیات ایک سی ہوتی ہیں صرف ان کا چارج ایک دوسرے کا الٹ ہوتا ہے۔ یہاں چارج سے مراد صرف الیکٹرک چارج ہی نہیں ہے۔ شاہی خاندان کے بنیادی ذرات پر ایک اور قسم کا چارج بھی ہوتا ہے جسے کلر چارج کہا جاتا ہے۔ ہم جانتے ہیں کہ الیکٹرومیگنیٹک فورس الیکٹرک چارج کی مدد سے پارٹیکلز پر اثر انداز ہوتی ہے۔ جس چیز پر جتنا زیادہ الیکٹرک چارج ہو گا اسی قدر وہ چیز الیکٹرک فیلڈ سے زیادہ متاثر ہو گی۔ اسی طرح کچھ پارٹیکلز کی ایک اور خصوصیت ہوتی ہے جو اس بات کا تعین کرتی ہے کہ وہ پارٹیکل سٹرانگ نیوکلیئر فورس کے ساتھ کیسے تعاملات کریں گے۔ یہ خصوصیت تین مختلف قسم کی ہوتی ہے اس لیے سائنس دانوں نے اس کے لیے ایک ایسا نام چنا ہے جو بے حد کنفیوزنگ ہے۔ اس خصوصیت کو کلر چارج کا نام دیا گیا ہے۔ یہ کلر چارج کوارکس اور گلوؤنز پر ہوتا ہے۔ گلوؤنز سٹرانگ فورس کے کیریئر ہیں بالکل اسی طرح جس طرح فوٹانز برقی مقناطیسیت کے کیریئر ہیں۔

جس طرح ہماری آنکھوں میں تین رنگوں کے سنسرز ہوتے ہیں جو سرخ، نیلا، اور سبز رنگ ڈیٹیکٹ کرتے ہیں، اسی طرح بنیادی ذرات پر تین مختلف قسم کے چارج ہوتے ہیں جو سٹرانگ نیوکلیر فورس کے ساتھ تعاملات کا تعین کرتے ہیں۔ ان چارجز کو سرخ، نیلا، اور سبز کلر چارج کا نام دیا گیا ہے۔ جس طرح تینوں بنیادی رنگوں کو ملایا جائے تو سفید رنگ بن جاتا ہے اسی طرح تینوں کلر چارجز کے حامل کوارکس کو اکٹھا کیا جائے تو پروٹان یا نیوٹران تشکیل پاتے ہیں جن کا کلر چارج نیوٹرل یعنی صفر ہوتا ہے۔ کوارکس صرف اسی صورت میں مل کر بڑے پارٹیکلز بنا سکتے ہیں اگر ان بڑے پارٹیکلز کا مجموعی کلر چارج صفر ہو۔

یہ ذہن میں رکھیے کہ بنیادی پارٹیکلز میں کلر چارج صرف ایک نام ہے جو ایک خصوصیات کو دیا گیا ہے۔ انہیں واقعی وہ رنگ سمجھنا درست نہیں ہے جو ہم دیکھ پاتے ہیں۔ مشہور کوانٹم فزسسٹ رچرڈ فائنمین نے ان سائنس دانوں کو 'احمق' کا خطاب دیا تھا جنھوں نے سٹرانگ فورس کے تین چارجز کو کلر چارجز کا نام دیا کیونکہ سٹوڈنٹس ریڈ، بلو، اور گرین کلر چارج کو واقعی رنگ سمجھنے لگتے ہیں۔

باغی ذرات

بنیادی پارٹیکلز کی اس دنیا میں باغی بھی ہوتے ہیں۔ یہ اینٹی پارٹیکلز ہیں۔ تمام بنیادی پارٹیکلز جن پر کسی قسم کا چارج ہوتا ہے ان کے اینٹی پارٹیکلز بھی ہوتے ہیں جن کی تمام خصوصیات نارمل ذرات کی طرح ہوتی ہیں لیکن چارج عام ذرے کے چارج کا الٹ ہوتا ہے۔ باقی خصوصیات مثلاً ماس اور سپن نارمل ذرات کی طرح ہی ہوتی ہیں۔

ماہرین کا اندازہ ہے کہ کائنات کے آغاز میں عام مادی پارٹیکلز اور اینٹی پارٹیکلز کی تعداد برابر تھی۔ لیکن کہیں پر کوئی ایسا پراسیس ہوا (جس کی ہمیں سمجھ نہیں ہے) جس وجہ سے عام مادہ کی مقدار اینٹی میٹر کی مقدار سے کچھ زیادہ ہو گئی۔ چنانچہ اب کائنات میں کہیں اینٹی میٹر نظر نہیں آتا۔ البتہ کائنات میں جہاں ہائی انرجی تعاملات ہو رہے ہوں وہاں اینٹی میٹر کے ذرات بھی پیدا ہوتے ہیں۔ یہ تعاملات فلکی اجسام میں بھی ہو سکتے ہیں اور ہم اینٹی میٹر لیبارٹری میں بھی بنا سکتے ہیں۔ اینٹی میٹر پارٹیکلز زیادہ دیر تک نہیں رہتے کیونکہ جونہی یہ نارمل ذرات سے ملیں تو عام پارٹیکل اور اینٹی پارٹیکل دونوں ذرات معدوم ہو جاتے ہیں اور ان کی جگہ دو فوٹانز جنم لیتے ہیں جن کی مجموعی انرجی پارٹیکل اور اینٹی پارٹیکل کے مجموعی ماس کے برابر ہوتی ہے۔

ایٹم کے مستحکم رہنے کے لیے یہ ضروری ہے کہ کوئی اینٹی پارٹیکل ایٹم کے پاس بھی نہ پھٹک سکے کیونکہ جب پارٹیکل اور اینٹی پارٹیکل ملتے ہیں تو بہت زیادہ انرجی خارج ہوتی ہے جو ایٹم کو پاش پاش کر سکتی ہے۔ چنانچہ یہ شاہی خاندان کی خوش قسمتی ہے کہ کائنات میں اینٹی میٹر کہیں دستیاب نہیں ہے۔

خفیہ ایجنسی

پارٹیکلز کی یہ بستی دیکھنے میں تو بہت مستحکم لگتی ہے لیکن اس میں ایک خفیہ حکومت بھی موجود ہے جو الیکٹرانز اور قوارکس کو مستحکم رکھتی ہے۔ یہ خفیہ حکومت ہگز فیلڈ ہے۔ شاہی خاندان کی حکومت ہگز فیلڈ کی ہی بدولت ہے۔ یہ ہگز فیلڈ ہی ہے جس کی وجہ سے تمام لیپٹانز اور قوارکس ماس کے حامل ہیں۔ الیکٹران کا ہگز فیلڈ کے ساتھ تعامل ہی الیکٹران کا ماس ہے۔ اسی طرح اپ اور ڈاؤن قوارکس کے ہگز فیلڈ کے ساتھ تعاملات ہی انہیں ان کا مخصوص ماس عطا کرتے ہیں۔ گویا اگر ہگز فیلڈ نہ ہوتا تو نہ قوارکس کا ماس ہوتا، نہ قوارکس پروٹان اور نیوٹران بنا کر مرکزے بنا پاتے، نہ الیکٹران مرکزے کے گرد مقید ہو پاتا اور نہ ہی کائنات میں کوئی بھی مستحکم سٹرکچر بن پاتا۔ اگر ہگز فیلڈ نہ ہوتا تو تمام بنیادی پارٹیکلز کی خصوصیات ان کی موجودہ خصوصیات سے بالکل مختلف ہوتیں۔ بگ بینگ کے وقت کائنات میں توانائی کی کثافت اور درجہ حرارت اس قدر زیادہ تھا کہ تمام بنیادی قوتیں یکجا تھیں۔ اگر ہگز فیلڈ نہ ہوتا تو یہ قوتیں الگ الگ نہ ہو پاتیں۔ سٹرانگ نیوکلیئر فورس، ویک نیوکلیئر فورس، اور برقی مقناطیسیت الگ الگ نہ ہوتیں۔ فوٹانز شاہی خاندان کے ہرکارے بن کر ان کے پیغامات پوری کائنات میں نہ پہنچا پاتے۔ ہگز فیلڈ نہ ہوتا تو کوئی کیمسٹری ممکن ہی نہ ہوتی۔ نہ کوئی عنصر ہوتا، اور نہ ہی کوئی مرکب۔ چنانچہ ہم شاہی خاندان کے اپ اور ڈاؤن قوارک کو خواہ کتنا ہی اہم کیوں نہ سمجھیں، انہیں ان کی خصوصیات ہگز فیلڈ ہی عطا کرتا ہے۔

سٹینڈرڈ ماڈل

اپ اور ڈاؤن قوارکس، لیپٹانز، اور بوزونز کی یہ کہانی، پارٹیکل فزکس کے سٹینڈرڈ ماڈل کی مدد سے بیان کی جاتی ہے۔ سٹینڈرڈ ماڈل کو از خود کوانٹم فزکس کی تھیوری کہنا شاید درست نہ ہو لیکن سٹینڈرڈ ماڈل بہت سے نظریات کا نچوڑ ہے جس میں کوانٹم فزکس اور خصوصی نظریہ اضافت بھی

شامل ہیں۔ کوانٹم فزکس اور خصوصی نظریہ اضافت کو آپس میں ملایا جائے تو کوانٹم الیکٹروڈائنیمکس اور کوانٹم کروموڈائنیمکس جیسے نظریات تشکیل پاتے ہیں جو برقی مقناطیسیت، ویک نیوکلیئر فورس، اور سٹرانگ نیوکلیئر فورس کی پیش گوئی اور وضاحت کرتے ہیں۔

کوانٹم فزکس کے سٹینڈرڈ ماڈل کی تشکیل بیسویں صدی کی فزکس کا بہت بڑا معرکہ ہے۔ یہی وجہ ہے کہ بیسویں صدی میں فزکس کے کئی نوبل انعامات ان سائنس دانوں کو دیے گئے جنہوں نے سٹینڈرڈ ماڈل کی تشکیل میں اپنا کردار نبھایا۔ ان سائنس دانوں میں پاکستان کے مایہ ناز سائنس دان ڈاکٹر عبدالسلام کا نام بھی شامل ہے جنہوں نے برقی مقناطیسیت اور ویک نیوکلیئر فورس کو یکجا کر دکھایا جو سٹینڈرڈ ماڈل کا پہلا سنگ میل ثابت ہوا۔ اس شاندار کارنامے کے لیے انہیں فزکس کا نوبیل انعام دیا گیا۔

اگرچہ سٹینڈرڈ ماڈل سائنس کی تاریخ کا کامیاب ترین ماڈل ہے لیکن یہ ماڈل کائنات کے ہر مظہر کی وضاحت نہیں کرتا۔ مثال کے طور پر یہ ماڈل نیوٹرینو کے ماس کی درست پیش گوئی نہیں کرتا، گریویٹی کی وضاحت نہیں کرتا، اور ڈارک میٹر اور ڈارک انرجی کے بارے میں خاموش ہے۔ گویا فزکس کے کئی مشاہدات ایسے ہیں جو ابھی تک سٹینڈرڈ ماڈل کا حصہ نہیں ہیں۔ مستقبل میں سٹینڈرڈ ماڈل میں کیا کیا ایکسٹینشنز ممکن ہیں یا سٹینڈرڈ ماڈل کی جگہ اگر کوئی نیا ماڈل پیش کیا جائے تو وہ کیسا ہو گا، اس بارے میں ہمیں کوئی خبر نہیں ہے۔

سٹینڈرڈ ماڈل کی خامیاں

اس کے علاوہ سٹینڈرڈ ماڈل کے کئی اور پہلو ایسے ہیں جو وضاحت طلب ہیں۔ مثال کے طور پر ہمیں یہ علم نہیں ہے کہ بنیادی پارٹیکلز تین قسم کے ہی کیوں ہوتے ہیں۔ آپ کسی بھی قسم کے پارٹیکلز دیکھ لیجیے، ان میں تین قسموں کے پارٹیکلز ہوں گے جن کی باقی خصوصیات تو کم و بیش ایک سی ہوں گی لیکن ان کے ماس مختلف ہوں گے۔ مثال کے طور پر الیکٹران، میوآن، اور ٹاؤلیپٹانز ہیں جن کی تمام خصوصیات ایک سی ہیں سوائے ان کے ماس کے۔ اسی طرح قوارکس کی دو فیملیز ہیں اور ہر فیملی میں تین تین قوارکس ہیں۔ اپ، چارم، اور ٹاپ تین قسم کے قوارکس ہیں جن کے ماس مختلف ہیں، باقی خصوصیات ایک سی ہیں۔ اسی طرح ڈاؤن، سٹرینج، اور باٹم قوارکس کے ماس مختلف ہیں باقی تمام خصوصیات ایک سی ہیں۔

ایسا کیوں ہے کہ بنیادی پارٹیکلز تین تین کے گروپس میں ہوتے ہیں؟ ہمیں اس بات کا علم نہیں ہے۔ کائنات میں بنیادی قوتیں چار ہی کیوں ہیں اس سے کم یا زیادہ کیوں نہیں ہیں؟ ہمیں اس کا علم نہیں ہے۔ ایسا کیوں ہے کہ سٹرانگ نیوکلیئر فورس کسی بھی دوسری قوت سے سینکڑوں گنا زیادہ طاقتور ہے اور گریویٹی اس سے کھربوں کھرب گنا زیادہ کمزور ہے (10^{40} گنا)، ہمیں اس کا بھی علم نہیں ہے۔

ڈارک میٹر

اگرچہ سٹینڈرڈ ماڈل انتہائی کامیاب رہا ہے لیکن یہ ہر سوال کا جواب نہیں دیتا۔ سٹینڈرڈ ماڈل نہ تو ڈارک میٹر کی کوئی وضاحت پیش کرتا ہے اور نہ ہی ڈارک انرجی کے بارے میں کوئی پیش گوئی کرتا ہے۔ ڈارک میٹر کی وضاحت کے لیے اب تک جو مفروضے پیش کیے گئے ہیں ان میں سے کسی کے درست ہونے کے شواہد نہیں ملے۔ تاہم اکثر ماہرین کا خیال ہے کہ ڈارک میٹر کسی بنیادی ذرے پر مشتمل ہے جو برقی مقناطیسیت اور

سٹرانگ فورس کے ساتھ کوئی تعامل نہیں کرتا۔ اسی لیے اسے دیکھنا ممکن نہیں ہے۔ البتہ یہ کشش ثقل ضرور پیدا کرتا ہے۔ کچھ نظریاتی اشارے ایسے ملے ہیں کہ ڈارک میٹر شاید ویک نیوکلیئر فورس کے ساتھ تعاملات کرتا ہے۔ ایسے تجربات کئی سال سے جاری ہیں جن میں ڈارک میٹر کے ویک نیوکلیئر فورس کے ساتھ تعاملات کو ڈیٹیکٹ کرنے کی کوشش کی جا رہی ہے۔ ان تجربات میں ابھی تک ایسا کوئی سگنل نہیں ملا جس کی وجہ ڈارک میٹر کا تعامل قرار دیا جا سکے۔ اس کے باوجود ماہرین کو امید ہے کہ ایک دن ڈارک میٹر کے بنیادی ذرے کا سراغ لگا لیا جائے گا۔

ڈارک انرجی

ڈارک میٹر کی موجودگی کے اشارے ہمیں کئی دہائیوں سے مل رہے ہیں اس لیے اس مسئلے پر ماہرین کافی سوچ بچار کر چکے ہیں۔ اسے کے برعکس ڈارک انرجی کی موجودگی کا علم ہمیں 1998 میں ہوا جب یہ دریافت ہوا کہ کائنات کے پھیلاؤ کی شرح میں اضافہ ہو رہا ہے۔ ماہرین کی توقع یہ تھی کہ کائنات کے پھیلاؤ کی رفتار کم ہو رہی ہو گی کیونکہ کائنات میں موجود مادہ کی کشش ثقل دور دراز کی کہکشاؤں کو اپنی طرف کھینچے گی جس سے ان کی ہم سے دور جانے کی رفتار کم ہوتی چلی جائے گی۔ لیکن 1998 میں ماہرین کی دو الگ الگ ٹیموں نے یہ دریافت کیا کہ کائنات کے پھیلاؤ کی شرح میں اضافہ ہو رہا ہے۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ کائنات میں کوئی ایسی انرجی موجود ہے جو کہکشاؤں کو ایک دوسرے سے پرے دھکیل رہی ہے اور وقت کے ساتھ ساتھ اس انرجی کی کل مقدار میں اضافہ ہو رہا ہے۔ ہمیں اس بات کا کوئی علم نہیں ہے کہ یہ انرجی کیسی ہے اور یہ کائنات کے پھیلاؤ کی شرح پر کیسے اثر انداز ہو رہی ہے۔ اس وجہ سے فی الحال اس انرجی کو ڈارک انرجی کا نام دیا گیا ہے۔

کچھ سائنس دانوں کا خیال ہے کہ ڈارک انرجی خالی سپیس (empty space) کی انرجی ہے۔ یعنی خالی سپیس (جس میں کوئی مادی پارٹیکل، کوئی فوٹان نہ ہو) میں بھی انرجی ہوتی ہے جسے زیرو پوائنٹ انرجی کہا جاتا ہے۔ اس لیے جیسے جیسے کہکشائیں ایک دوسرے سے دور جا رہی ہیں اور ان کے درمیان سپیس زیادہ ہو رہی ہے ویسے ویسے اس سپیس میں موجود انرجی میں اضافہ ہو رہا ہے اور یہ انرجی ان کہکشاؤں کو مزید تیزی سے پرے دھکیل رہی ہے۔ تاہم ابھی تک اس انرجی کی براہِ راست پیائش ممکن نہیں ہے اس لیے ابھی تک ڈارک انرجی کو سائنس کی unsolved problem تصور کیا جاتا ہے۔

اوریجنل انفارمیشن کا لنک:

https://www.podbean.com/media/share/dir-zjucb-cae7982

کائنات کے بنیادی کانسٹینٹ

ہماری کائنات کچھ بنیادی ذرات، کچھ بنیادی قوتوں اور ان کے آپسی تعاملات سے تشکیل پائی ہے۔ یہ تعاملات سپیس اور ٹائم میں طے پاتے ہیں۔ بنیادی ذرات آپس میں تعاملات کر کے نئے پارٹیکلز بنا سکتے ہیں، ایک دوسرے کو دفع کر سکتے ہیں، انہیں اپنی طرف کھینچ سکتے ہیں اور آپس میں کئی قسم کے تعاملات کر سکتے ہیں۔ یہ تمام تعاملات کوانٹم فزکس کے اصولوں کے تحت ہوتے ہیں۔ ان اصولوں اور کائنات کے آغاز کے حالات (initial conditions) سے ہم کائنات کے ارتقاء اور اس کی موجودہ حالت کی بہترین توجیہات پیش کر سکتے ہیں، نیز اس کے مستقبل کے بارے میں بخوبی پیش گوئیاں کر سکتے ہیں۔ البتہ کائنات سے متعلق کچھ پہلو ایسے ہیں جن کے بارے میں ہم جانتے تو ضرور ہیں لیکن ہمیں ان کی وجوہات معلوم نہیں ہیں۔ ان میں سر فہرست وہ کانسٹینٹ ہیں جو کائنات کو بیان کرنے والے ریاضیاتی فارمولوں میں استعمال ہوتے ہیں۔ ہمیں ان کی ویلیو تو معلوم ہے لیکن یہ معلوم نہیں ہے کہ ان کی ویلیو عین وہی کیوں ہے کچھ اور کیوں نہیں۔

ایک الیکٹران کو ہی لیجیے۔ الیکٹران کسی بھی دوسرے الیکٹران کو برقی چارج یکساں ہونے کی وجہ سے دفع کرتا ہے لیکن ان دونوں کے ماس کی وجہ سے ان میں کششِ ثقل بھی پائی جاتی ہے جو دونوں کو ایک دوسرے کی طرف کھینچتی ہے۔ الیکٹران کا ماس m اور چارج q کائنات میں ہر جگہ ایک سے ہیں۔ دو ایک جیسے چارجز کی دفع کی قوت سپیس کی permittivity کے معکوس تناسب میں ہوتی ہے جبکہ ان کی کششِ ثقل کائنات کے ثقلی کانسٹینٹ G کے متناسب ہوتی ہے۔ اسی طرح پلانک کا کانسٹینٹ h اور روشنی کی رفتار C بھی ایسے ہی کانسٹینٹس ہیں جو کائنات میں ہر جگہ ایک ہی قیمت رکھتے ہیں۔ لیکن ان میں سے ہر کانسٹینٹ کے units اور dimensions مختلف ہیں جس سے ہمیں یہ احساس ہوتا ہے کہ یہ کانسٹینٹس دراصل arbitrary ہیں یعنی fundamental نہیں ہیں بلکہ صرف اس وجہ سے دیکھنے میں آتے ہیں کہ ہم بنیادی پارٹیکلز کی خصوصیات کو اپنے وضع کردہ پیمانوں سے ناپتے ہیں اور یہ پیمانے صرف ہم نے اپنی سہولت کے لیے وضع کیے ہیں یعنی یہ arbitrary ہیں۔

فزکس کی موجودہ سمجھ کے مطابق کائنات کے بنیادی کانسٹینٹس مندرجہ ذیل ہیں۔

1. **فائن سٹرکچر کانسٹینٹ (Fine-structure constant):** یہ کانسٹینٹ برقی مقناطیسی تعاملات کی قوت متعین کرتا ہے۔ ہماری کائنات میں اس کانسٹینٹ کی ویلیو تقریباً $\frac{1}{137}$ ہے۔

2. **سٹرانگ کپلنگ کانسٹینٹ (Strong coupling constant):** ایٹم کے مرکزے میں پروٹانز مثبت برقی چارج رکھتے ہیں اور ایک جیسے چارجز ایک دوسرے کو پرے دھکیلتے ہیں۔ چنانچہ مرکزے میں موجود پروٹانز کو ایک دوسرے کو دھکیل کر مرکزے سے خارج کر دینا چاہیے لیکن ایسا نہیں ہوتا۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ نیوکلیئر سٹرانگ فورس، جو بہت ہی کم فاصلوں پر فعال ہوتی ہے، برقی مقناطیسی قوت سے کہیں زیادہ طاقتور ہوتی ہے جو مثبت چارج کے حامل پروٹانز کو مرکزے میں اکٹھا رکھتی ہے۔ اس قوت کی مقدار سٹرانگ کپلنگ کانسٹینٹ سے متعین ہوتی ہے جس کی ویلیو کائنات میں ہر جگہ ایک سی ہے۔

3. **بنیادی ذرات کا ماس:** کوانٹم فزکس کے سٹینڈرڈ ماڈل میں پندرہ بنیادی ذرات ہیں جو ماس کے حامل ہیں۔ سائنس دانوں کو کئی دہائیوں سے یہ امید رہی ہے کہ ہمیں کوئی ایسا بنیادی نظریہ میسر آ جائے گا جس سے بنیادی ذرات کے ماس کی پیش گوئی کی جا سکے لیکن ابھی تک ایسا کوئی نظریہ میسر نہیں ہے۔ چنانچہ بنیادی ذرات کے ماس کو کائنات کے کانسٹینٹس کے زمرے میں شامل کیا جا سکتا ہے۔ سائنس دان اب بھی پر امید ہیں کہ مستقبل میں کوئی ایسا بنیادی نظریہ وضع کر لیا جائے گا جو مختلف بنیادی ذرات کے ماس کی درست پیش گوئی کر سکے گا۔ فی الحال بنیادی ذرات کا ماس صرف تجربات سے ہی معلوم کیا جا سکتا ہے، کسی بھی نظریے سے ان کے ماس کی پیش گوئی نہیں کی جا سکتی۔

4. **کوارکس مکسنگ پیرامیٹرز(Quark mixing parameters):** ہم چھ مختلف کوارکس دریافت کر چکے ہیں۔ مختلف کوارکس آپس میں مل کر مختلف پارٹیکلز تشکیل دیتے ہیں جن کی خصوصیات مختلف ہوتی ہیں۔ مثال کے طور پر پروٹانز اور نیوٹرانز تین تین کوارکس سے مل کر بنتے ہیں لیکن پروٹانز اور نیوٹرانز کی خصوصیات بالکل مختلف ہیں۔ کوارکس کے آپس میں ملنے کے قواعد چار کانسٹینٹس کنٹرول کرتے ہیں جنہیں مجموعی طور پر کوارکس مکسنگ پیرامیٹرز کہا جاتا ہے۔ ان پیرامیٹرز سے ویک نیوکلیئر فورس کی طاقت، تابکاری کی وجہ سے decay، اور CP violation کی پیش گوئی کی جا سکتی ہے۔ تاہم یہ پیرامیٹرز صرف پیمائش سے ہی معلوم کیے جاتے ہیں ان کی پیش گوئی نہیں کی جا سکتی۔

5. **نیوٹرینو مکسنگ پیرامیٹرز(Neutrino mixing parameters):** کوانٹم فزکس کے سٹینڈرڈ ماڈل کی رو سے کائنات میں تین مختلف قسم کے نیوٹرینو پائے جاتے ہیں۔ جب نیوٹرینو دریافت ہوئے تو سائنس دانوں کا خیال تھا کہ نیوٹرینو کا ریسٹ ماس صفر ہے اور یہ خلا میں روشنی کی رفتار سے سفر کرتے ہیں۔ تاہم بیسویں صدی کے آخر میں سائنس دانوں پر یہ انکشاف ہوا کہ نیوٹرینو کا ریسٹ ماس صفر نہیں ہے اگرچہ اس کا ماس انتہائی کم ہے۔ اب ہم یہ جانتے ہیں کہ نہ صرف نیوٹرینو ماس رکھتے ہیں بلکہ ایک قسم کے نیوٹرینو دوسری قسم کے نیوٹرینو میں تبدیل بھی ہو جاتے ہیں۔ اگر نیوٹرینو ایک قسم سے دوسری قسم میں تبدیل ہوتے ہیں تو یقیناً کچھ طبعی قوانین ضرور ہیں جن کے تحت یہ تبدیلی رونما ہوتی ہے۔ اس تبدیلی کی شرح کو چار کانسٹینٹ کنٹرول کرتے ہیں جنہیں ںیوٹرینو مکسنگ پیرامیٹرز کہا جاتا ہے۔ ان پیرامیٹرز کو بھی صرف تجربات سے ہی معلوم کیا جا سکتا ہے لیکن ان کی پیش گوئی ممکن نہیں ہے۔

6. **کائناتی کانسٹینٹ(Cosmological constant):** کائناتی کانسٹینٹ کی کہانی انتہائی دلچسپ ہے۔ بیسویں صدی کے آغاز تک تمام سائنس دانوں کی متفقہ رائے یہ تھی کہ کائنات جامد ہے اور ہمیشہ سے ایسی ہی ہے جیسی آج نظر آتی ہے۔ یہ نکتۂ نظر ہزاروں سالوں سے تسلیم شدہ تھا جس کے بارے میں کسی شک و شبہ کی گنجائش ہی نہیں تھی۔ جب آئن سٹائن نے نظریہ اضافت کی مساوات اخذ کیں اور ان سے کائنات کو بیان کرنے کی کوشش کی تو یہ مساوات چیخ چیخ کر کہہ رہی تھیں کہ کائنات جامد نہیں ہے۔ آئن سٹائن کو کائنات کے جامد ہونے کا یقین اس قدر تھا کہ اس نے اپنی مساوات میں ایک نیا کانسٹینٹ از خود داخل کر دیا جس کے بعد یہ مساوات کائنات کو جامد بتلانے لگیں۔ آئن سٹائن نے اس کانسٹینٹ کو کائناتی کانسٹینٹ کا نام دیا۔ لیکن اس مساوات پر مبنی پیپر کے شائع ہونے کے کچھ ہی سالوں بعد

مشہور ماہر کونیات ایڈون ہبل نے اپنے مشاہدات سے یہ ثابت کر دکھایا کہ کائنات جامد نہیں ہے بلکہ پھیل رہی ہے۔ یہ سنتے ہی آئن سٹائن نے اس کائناتی کانسٹینٹ کو اپنی مساوات سے نکال باہر کیا اور اسے اپنی زندگی کی سب سے بڑی غلطی قرار دیا۔

Quantity	Symbol	Value	Unit	Relative uncertainty (ppm)
		Electromagnetic constants		
elementary charge	e	1.602 177 33(49)	10^{-19} C	0.30
	e/h	2.417 988 36(72)	10^{14} A J^{-1}	0.30
magnetic flux quantum $h/2e$	Φ_0	2.067 834 61(61)	10^{-15} Wb	0.30
Josephson frequency-voltage quotient	$2e/h$	4.835 976 7(14)	10^{14} Hz V^{-1}	0.30
quantized Hall conductance	e^2/h	3.874 046 14(17)	10^{-5} S	0.045
quantized Hall resistance $h/e^2 = \mu_0 c/2\alpha$	R_H	25 812.805 6(12)	Ω	0.045
Bohr magneton $e\hbar/2m_e$	μ_B	9.274 015 4(31)	10^{-24} J T^{-1}	0.34
in electron volts: $\mu_B/\{e\}$		5.788 382 63(52)	10^{-5} eV T^{-1}	0.089
in hertz: μ_B/h		1.399 624 18(42)	10^{10} Hz T^{-1}	0.30
in wavenumbers: μ_B/hc		46.686 437(14)	m^{-1} T^{-1}	0.30
in kelvins: μ_B/k		0.671 709 9(57)	K T^{-1}	8.5
nuclear magneton $e\hbar/2m_p$	μ_N	5.050 786 6(17)	10^{-27} J T^{-1}	0.34
in electron volts: $\mu_N/\{e\}$		3.152 451 66(28)	10^{-8} eV T^{-1}	0.089
in hertz: μ_N/h		7.622 591 4(23)	MHz T^{-1}	0.30
in wavenumbers: μ_N/hc		2.542 622 81(77)	10^{-2} m^{-1} T^{-1}	0.30
in kelvins: μ_N/k		3.658 246(31)	10^{-4} K T^{-1}	8.5

لیکن فطرت آئن سٹائن کو ایک دفعہ پھر غچا دے گئی۔ بیسویں صدی کے آخر میں مشاہدات سے یہ ثابت ہوا کہ کائنات نہ صرف پھیل رہی ہے بلکہ اس کے پھیلاؤ کی شرح میں اضافہ ہو رہا ہے۔ چنانچہ اس پھیلاؤ کو درست طور پر ظاہر کرنے کے لیے آئن سٹائن کی مساوات میں کائناتی کانسٹینٹ کو دوبارہ شامل کرنا پڑا اگرچہ اس دفعہ اس کی وجہ کائنات کو جامد ثابت کرنا نہیں تھا بلکہ کائنات کے پھیلاؤ کی شرح میں تیزی کو شامل کرنا تھا۔ اکثر سائنس دان کائنات کے پھیلاؤ کی وجہ ڈارک انرجی کو بتلاتے ہیں تاہم ڈارک انرجی کے بارے میں ہمیں کچھ معلوم نہیں ہے۔ اگر مستقبل میں ڈارک انرجی کی بہتر سمجھ پیدا ہو جاتی ہے تو عین ممکن ہے کہ کائناتی کانسٹینٹ کی ویلیو کی پیش گوئی کی جا سکے۔ لیکن فی الحال اس کی ویلیو صرف مشاہدات سے ہی معلوم کی جا سکتی ہے۔

تو قصہ کچھ یوں ہے کہ اگر ہمیں کائنات کے آغاز کے حالات کے بارے میں علم ہو، کائنات کے طبعی قوانین کا علم ہو، سٹینڈرڈ ماڈل کا علم ہو اور ان طبعی کانسٹینٹس کا علم ہو تو ہم کائنات کے ارتقاء کا حال لمحہ بہ لمحہ جان سکتے ہیں۔ کمپیوٹر سیمولیشن سے ہم کائنات کے ماضی، حال اور مستقبل کے بارے میں پیش گوئیاں کر سکتے ہیں اور بنیادی ذرات کے تعاملات سے لے کر پوری کائنات سے متعلق مشاہدات کا اپنی کمپیوٹر سیمولیشن کے نتائج سے مقابلہ کر کے اپنے ماڈلز کی درستگی کو ثابت کر سکتے ہیں۔

آرٹیکل کا لنک:

https://www.forbes.com/sites/startswithabang/2018/11/16/how-many-fundamental-constants-does-it-take-to-explain-the-universe

کوانٹم سپن کی دریافت

نیل بوہر نے سنہ 1920 میں یہ مفروضہ پیش کیا تھا کہ کوانٹم سسٹمز کی خصوصیات اس وقت تک متعین نہیں ہوتیں جب تک کہ ان کی پیمائش نہ کی جائے۔ آئن سٹائن کوانٹم فزکس کے غیر متعین یعنی non-deterministic ہونے کے تصور کے خلاف تھے۔ ان کے خیال میں کائنات ایٹمی لیول پر بھی اتنی ہی متعین یعنی deterministic ہے جتنی کہ بڑے پیمانے پر (یعنی اس پیمانے پر جس کا مشاہدہ ہم عام طور پر کرتے ہیں اور جہاں نیوٹن کے قوانین کا اطلاق ہوتا ہے)۔ وہ اکثر کہا کرتے تھے کہ اگر کوئی چاند کو نہ دیکھ رہا ہو تو چاند معدوم نہیں ہو جاتا۔

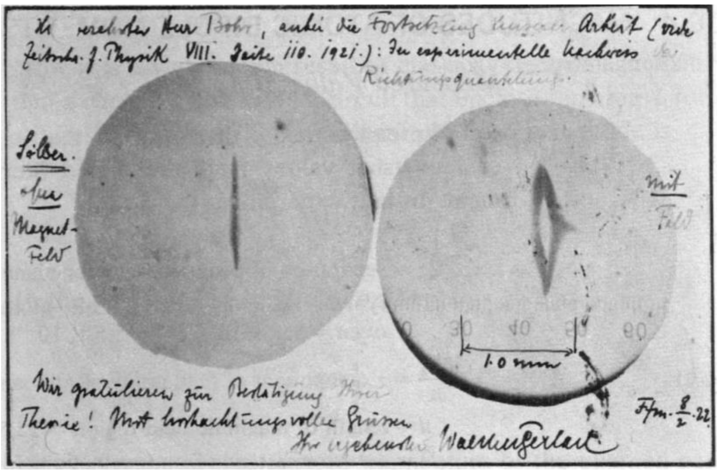
آئن سٹائن کے ایک شاگرد اوٹو سٹرن بھی آئن سٹائن کی طرح کائنات کے deterministic ہونے پر یقین رکھتے تھے۔ سٹرن اس وقت فوٹانز کی خصوصیات دریافت کرنے کی کوشش کر رہے تھے۔ یہ تصور آئن سٹائن نے ہی پیش کیا تھا کہ روشنی ذرات پر مشتمل ہوتی ہے جنہیں فوٹانز کا نام دیا گیا۔ سٹرن بھی آئن سٹائن کی طرح بوہر کے اس تصور کو غلط سمجھتے تھے کہ بنیادی لیول پر معروضی حقیقت مشاہدات سے متعین ہوتی ہے۔

سٹرن نے کچھ دوسرے سائنس دانوں کے ساتھ مل کر ایک تجربہ ڈیزائن کیا جس سے بوہر کے تصورات کو غلط ثابت کیا جا سکے۔ بوہر کی ایک پیش گوئی یہ تھی کہ کسی مقناطیسی فیلڈ میں ہائیڈروجن کے ایٹم میں موجود الیکٹران کے اینگیولر مومینٹم کی صرف دو orientations ہی ممکن ہیں۔ الیکٹران کا اینگیولر مومینٹم یا تو اس مقناطیسی فیلڈ کے ساتھ صفر کا زاویہ بنائے گا یا 180 ڈگری کا۔ اس تصور کو سپیس کوانٹائزیشن کہا جاتا ہے۔ دوسرے لفظوں میں الیکٹران کا آربٹیل اینگیولر مومینٹم (orbital angular momentum) یا تو مقناطیسی فیلڈ کے ساتھ aligned ہو گا یا اس فیلڈ کے عین مخالف سمت میں ہو گا۔ اس کے برعکس کلاسیکل میکینکس کے نقطہ نظر سے الیکٹران کا اینگیولر مومینٹم اس مقناطیسی فیلڈ میں کسی بھی سمت میں ہو سکتا ہے۔

اس سے پہلے بوہر کے سپیس کوانٹائزیشن کے تصور کو کبھی تجرباتی طور پر ٹیسٹ نہیں کیا گیا تھا۔ سٹرن نے اس مسئلے پر سوچ بچار شروع کی کہ سپیس کوانٹائزیشن کو کیسے ٹیسٹ کیا جا سکتا ہے۔ سٹرن کا خیال تھا کہ ہائیڈروجن کے ایٹموں کو طاقتور مقناطیسی فیلڈ سے گزار کر بوہر کے اس تصور کو معروضی طور پر ٹیسٹ کیا جا سکتا ہے۔ اگر بوہر کا یہ تصور درست ہے تو ہائیڈروجن ایٹم کی beam دو حصوں میں واضح طور پر تقسیم ہو جائے گی۔ ایک طرف وہ ایٹم ہوں گے جن میں الیکٹران کے مومینٹم کی سمت مقناطیسی فیلڈ کی سمت میں ہے اور دوسری طرف وہ ایٹم ہوں گے جن میں الیکٹران کے مومینٹم کی سمت مقناطیسی فیلڈ کے عین مخالف ہے۔ ان دو کے علاوہ کوئی تیسری صورت ممکن نہیں ہو گی۔ اس کے برعکس اگر کلاسیکل مکینکس درست ہے تو ہائیڈروجن ایٹم جا بجا نظر آئیں گے اور ان میں کوئی واضح گروپ نہیں بن پائیں گے۔

سٹرن نے ایک اور سائنس دان (جن کا نام گیرلاخ تھا) سے مدد طلب کی جنہیں مالیکیولز کی beam بنانے کا خاصہ تجربہ تھا۔ ان دونوں نے مل کر ایک سال میں وہ سیٹ اپ ڈیزائن کیا جس کی مدد سے ایسا تجربہ کیا جا سکتا تھا۔ چونکہ گیرلاخ کو چاندی کے ایٹموں کی بیم بنانے کا تجربہ تھا اس لیے انہوں نے اس تجربے کے لیے ہائیڈروجن کے بجائے چاندی کے ایٹموں کی بیم کو استعمال کیا۔ جب یہ تجربہ کیا گیا تو سکرین پر چاندی کے ایٹموں

کی تعداد اس قدر کم تھی کہ اسے انسانی آنکھ سے دیکھنا ممکن نہیں تھا اس لیے انہیں سکرین پر کوئی پیٹرن نظر نہیں آیا۔ گیرلاخ نے یہ سکرین سٹرن کو لا کر دی جو سکرین کو خالی دیکھ کر خاصے مایوس ہوئے۔



لیکن ان کی حیرت کی انتہا نہ رہی جب چند گھنٹوں میں اس سکرین پر سیاہ رنگ کے واضح پیٹرن نظر آنے لگے جس میں دو بڑے نقطے صاف نظر آ رہے تھے۔ یہ دو نقطے چاندی کے ایٹموں میں موجود الیکٹرانز کے مومینٹم کی مقناطیسی فیلڈ کے ساتھ alignment کی وجہ سے پیدا ہوئے تھے۔ دلچسپ بات یہ تھی کہ سکرین پر موجود چاندی کے ایٹم سیاہ ہو کر واضح اس لیے ہو گئے تھے کہ سٹرن ہر وقت سگار سلگائے رکھتے تھے۔ سگار کے دھوئیں میں سلفر بھی موجود ہوتی ہے۔ سلفر کے ایٹم چاندی کے ایٹموں کے ساتھ تعاملات کر کے سلور سلفائیڈ میں تبدیل ہو گئے جو کہ سیاہ رنگ کا ہوتا ہے۔ بہر حال اس تجربے سے بوہر کا بنیادی دعویٰ درست ثابت ہو گیا کہ الیکٹران کی خصوصیات کوانٹائزڈ ہوتی ہیں اور کلاسیکل میکینکس الیکٹرانز کی خصوصیات کو درست طور پر بیان نہیں کرتی۔

یہ پہلا ایسا تجربہ تھا جس سے یہ واضح ہوا کہ ایٹمی لیول کے تعاملات کے بارے میں آئن سٹائن کا کلاسیکل تصور درست نہیں تھا اور الیکٹران کی خصوصیات واقعی کوانٹائزڈ ہیں یعنی صرف کچھ مخصوص مقدار میں ہی ملتی ہیں۔ لیکن دلچسپ بات یہ ہے کہ یہ تجربہ یہ بھی ثابت نہیں کرتا کہ بوہر کا تجویز کردہ ماڈل درست تھا۔ بوہر کا ماڈل ہائیڈروجن ایٹم میں موجود ایک الیکٹران کی orientation کی تو درست وضاحت کرتا ہے لیکن زیادہ پیچیدہ ایٹموں میں (جن میں الیکٹرانز کی تعداد ایک سے زیادہ ہو) الیکٹرانز کی خصوصیات کی درست وضاحت نہیں کر پاتا۔ بوہر کے بعد ہائزنبرگ، شروڈنگر اور دوسرے سائنس دانوں نے ایٹم کی خصوصیات کے بہتر ماڈلز تجویز کیے۔ ان نئی تجاویز کی روشنی میں جب چاندی کے ایٹم کی خصوصیات کے نظریاتی ماڈلز بنائے گئے تو ان کی پیش گوئی یہ تھی کہ اس تجربے میں بیم کو سکرین پر تین حصوں میں تقسیم ہونا چاہیے تھا کیونکہ الیکٹران کے آربٹلز تین مختلف سمتوں میں ہوتے ہیں۔ چنانچہ سٹرن کا تجربہ ان نئی تجاویز کو درست ثابت نہیں کرتا تھا۔

اس مسئلے کا حل وولف گینگ پالی نے تجویز کیا اور یہ دریافت کیا کہ ایٹم کی ساخت کو سمجھنے کے لیے بنیادی ذرات کی ایک نئی خصوصیت کو سمجھنا ضروری ہے جسے spin کہتے ہیں۔ اس سپن کی وجہ سے بنیادی پارٹیکلز میں اینگولر مومینٹم موجود ہوتا ہے جسے spin angular momentum کا نام دیا گیا ہے۔ یہ مومینٹم سپن کی وجہ سے ہے اور آربٹیل اینگولر مومینٹم سے مختلف ہوتا ہے۔ اسے یوں سمجھ لیجیے کہ اگر ہم زمین کی گردش کی مثال لیں تو زمین سورج کے گرد اپنے مدار میں گردش کر رہی ہے جس کی وجہ سے زمین میں آربٹیل اینگولر مومینٹم موجود ہے۔ اس کے علاوہ زمین اپنے محور کے گرد بھی گردش کر رہی ہے۔ اس گردش کی وجہ سے زمین کا جو مومینٹم ہے وہ سپن اینگولر مومینٹم ہے۔ **(واضح رہے کہ زمین کی مثال صرف اس تصور کی وضاحت کے لیے دی گئی ہے کہ الیکٹران میں دو طرح کا مومینٹم ہوتا ہے۔ الیکٹران واقعی مرکزے کے**

گردنہیں گھوم رہا جیسے زمین سورج کے گرد گھومتی ہے۔ اب ہم جانتے ہیں کہ مرکزے کے گرد الیکٹران ایک لہر کی صورت میں ہوتا ہے، زمین کی طرح گردش میں نہیں ہے۔)

اہم بات یہ ہے کہ الیکٹران جب کسی مرکزے کے گرد کسی آربٹ میں ہوتا ہے تو اس میں دو قسم کے مومینٹم ہوتے ہیں۔ آربیٹل مومینٹم اور سپن مومینٹم۔ اگر ہم چاندی کے ایٹموں کی بات کریں تو چاندی کے ایٹموں میں کوئی net orbital momentum نہیں ہوتا۔ چنانچہ اوپر جس تجربے کا ذکر ہوا اس میں بیم کے دو حصوں میں تقسیم ہونے کی وجہ آربیٹل مومینٹم نہیں تھی۔ چاندی کے ایٹموں میں ایک ویلینس الیکٹران ہوتا ہے جو کسی کے ساتھ جوڑا نہیں بنائے رکھتا۔ تجربے میں بیم کے دو حصوں میں تقسیم ہونے کی وجہ اس ویلینس الیکٹران کی سپن تھی۔

الیکٹران کی سپن صرف دو قسم کی ہو سکتی ہے جسے ہم spin up اور spin down کہتے ہیں۔ اس سپن کی وجہ سے الیکٹران مقناطیسی فیلڈ میں خود بھی مقناطیس کی طرح کام کرتا ہے۔ سٹرن کے تجربے میں بیرونی مقناطیسی فیلڈ کی وجہ سے ویلینس الیکٹران کی سپن یا تو مقناطیسی فیلڈ کے ساتھ align ہو گئی یا اس مقناطیسی فیلڈ کی مخالف سمت میں۔ چونکہ سپن کا اپ یا ڈاون ہونا رینڈم ہوتا ہے اور ان دونوں کی probability پچاس فیصد ہے اس لیے سٹرن کے تجربے میں آدھے ایٹم ایک سمت کو چلے گئے اور باقی ایٹم مخالف سمت میں۔ اس وجہ سے چاندی کے ایٹموں کی بیم دو حصوں میں تقسیم ہو گئی۔

چنانچہ سٹرن کا تجربہ سائنس کی تاریخ کا پہلا تجربہ تھا جس میں الیکٹران کی سپن کا مشاہدہ کیا گیا۔

اوریجنل آرٹیکل کا لنک:

https://www.secretsofuniverse.in/stern-gerlach-experiment/

کوانٹم تجربہ جس نے معروضی حقیقت پر سوال کھڑا کر دیا

دنیا کا عجیب ترین تجربہ وہ ہے جس میں ایک ایٹمی ذرے کو دو باریک شگافوں سے گزارا جاتا ہے۔ یہ اس بات کا سب سے زیادہ چونکا دینے والا ثبوت ہے کہ کوانٹم کے لیول پر ذرات بڑے اجسام کے مقابلے میں بالکل مختلف انداز سے کام کرتے ہیں۔ اس سے یہ معلوم ہوتا ہے کہ معروضی حقیقت اس سے بالکل مختلف ہے جو ہمیں انسانی آنکھ سے نظر آتی ہے۔

آیئے بات کا آغاز ایک ایسی چیز سے کرتے ہیں جس سے ہم سب واقف ہیں۔ یہ ایک ربڑ کی بطخ ہے جو ایک تالاب کے پانی میں تیر رہی ہے۔ اس کے ہچکولے کھانے سے پانی میں لہریں پیدا ہو رہی ہیں۔ کچھ دور جا کر ان لہروں کو ایک رکاوٹ ملتی ہے جس میں دو شگاف ہیں۔ باقی تمام جگہوں پر تو لہریں اس رکاوٹ سے ٹکرا کر واپس منعکس ہو جاتی ہیں لیکن کچھ لہریں ان شگافوں سے گزر کر شگاف کے دوسری طرف دو دائروں کی شکل میں پھیلنے لگتی ہیں۔ اس طرح یہ دو لہریں ایک دوسرے سے ٹکرا کر ایک خوبصورت نقش بناتی ہیں جسے تداخل یا interference pattern کہا جاتا ہے۔ اس پیٹرن کی وجہ یہ ہے کہ کچھ مقامات پر ایک لہر کا بلند ترین حصہ دوسری لہر کے بلند ترین حصے سے ٹکراتا ہے اور یوں وہاں لہر کی بلندی دگنی ہو جاتی ہے۔ اسی طرح کچھ اور مقامات پر ایک لہر کا پست ترین حصہ دوسری لہر کے پست ترین حصے سے ٹکراتا ہے جس کے نتیجے میں وہاں لہر کی گہرائی دگنی ہو جاتی ہے۔ اسے constructive interference کہا جاتا ہے۔ اس کے برعکس کچھ مقامات پر ایک لہر کا بلند ترین حصہ دوسری لہر کے پست ترین حصے سے ٹکراتا ہے اور دونوں ایک دوسرے کو زائل کر دیتے ہیں جس کے نتیجے میں وہاں لہریں معدوم ہو جاتی ہیں۔ اسے destructive interference کہا جاتا ہے۔ چنانچہ ہمیں باری باری لہروں اور سپاٹ پانی کا ایک پیٹرن نظر آتا ہے۔ ایسا پیٹرن ہر قسم کی لہروں سے بنایا جا سکتا ہے مثلاً پانی میں لہروں سے، آواز کی لہروں سے اور روشنی کی لہروں سے۔

روشنی کو دو شگافوں سے گزارنے والا تجربہ سب سے پہلے سنہ 1801 میں تھامس ینگ نامی سائنس دان نے کیا جس نے روشنی کو دو تنگ شگافوں سے گزارا اور پردے پر تداخل یا interference کے پیٹرن کا مشاہدہ کیا۔ اب ہمیں کلارک میکس ویل کی بدولت یہ معلوم ہو چکا ہے کہ روشنی دراصل برقی مقناطیسی لہریں ہیں چنانچہ ان میں interference ہونا کوئی حیرت کی بات نہیں۔ لیکن ہم یہ بھی جانتے ہیں کہ روشنی فوٹونز سے مل کر بنتی ہے جو روشنی کے ذرے تصور کیے جاتے ہیں۔ آئن سٹائن کا دریافت کردہ فوٹو الیکٹرک ایفیکٹ اس بات کا ثبوت ہے کہ روشنی ذرات پر مشتمل ہے۔ اس بارے میں میکس پلانک نے سب سے پہلے بلیک باڈی ریڈی ایشن کے مسئلے کو توانائی کی quantization کے تصور سے حل کیا۔ فوٹون کو توانائی کا ایک پیکٹ تصور کیا جا سکتا ہے جو کہ روشنی کی بنیادی اکائی ہے جسے مزید تقسیم نہیں کیا جا سکتا۔ چنانچہ ان شگافوں سے گزرتے ہوئے ہر فوٹون کو یہ فیصلہ کرنا ہو گا کہ وہ شگاف نمبر 1 سے گزرے گا یا شگاف نمبر 2 سے۔ فوٹون دو حصوں میں تقسیم ہو کر دونوں شگافوں سے بیک وقت نہیں گزر سکتا۔ اگر بہت سے فوٹونز دونوں شگافوں سے گزر رہے ہوں تب یہ ممکن ہے کہ شگاف سے نکلنے کے بعد وہ تداخل پیدا کریں۔

لیکن ایک اور تجربے سے ایسے نتائج کا مشاہدہ کیا گیا جو فزکس کی تاریخ میں سب سے زیادہ پریشان کن تجربہ تصور کیا جاتا ہے۔ اس تجربے میں فوٹونز کو ایک ایک کر کے خارج کیا گیا تاکہ ایک وقت میں صرف ایک ہی فوٹون شگافوں میں سے گزر سکے۔ اس صورت میں بھی پردے پر انٹر فیرنس کا پیٹرن دیکھا گیا۔ آیئے اس مسئلے کا تفصیلی جائزہ لیتے ہیں۔

جب پہلا فوٹون دونوں میں سے کسی ایک شگاف سے گزرتا ہے تو گزرنے کے بعد وہ شگافوں کے پیچھے موجود ایک سکرین پر جا کر ٹکراتا ہے اور ایک نقطے کی صورت میں شبیہہ بناتا ہے۔ اسی طرح دوسرا، تیسرا اور چوتھا فوٹون بھی اسی طرح سکرین پر شبیہہ بناتا ہے۔ گویا ہر فوٹون ایک مکمل ذرے کی طرح کام کرتا ہے۔ لیکن اگر ہم اسی طرح بہت سے فوٹونز ایک ایک کر کے فائر کریں تو کچھ دیر کے بعد ہمیں سکرین پر وہی انٹرفیرنس کا پیٹرن نظر آنے لگتا ہے۔ یہ نتیجہ انتہائی حیرت انگیز ہے اور ہماری توقعات کے برعکس ہے کیونکہ ہم جانتے ہیں کہ ہر فوٹون اپنے طور پر ایک مکمل ذرے کے طور پر ہی کام کرتا ہے۔ فوٹون ایک اکائی ہے اور پانی کی لہروں کی طرح اپنی توانائی دونوں شگافوں میں تقسیم نہیں کر سکتا۔ کسی فوٹون کو یہ علم نہیں کہ باقی فوٹونز نے کون سا راستہ اختیار کیا۔ اس کے باوجود مجموعی طور پر فوٹونز انٹرفیرنس کا پیٹرن بناتے ہیں جس کا لازم مطلب یہ ہے کہ فوٹونز جانتے ہیں کہ انہیں سکرین پر کس جگہ ٹکرانا ہے اور کس جگہ نہیں ٹکرانا۔

اس قسم کا انٹرفیرنس پیٹرن صرف فوٹونز سے ہی نہیں بنتا۔ اگر ہم ایک ایک کر کے الیکٹرانز فائر کریں تو وہ بھی اسی طرح کا پیٹرن بناتے ہیں۔ اسی قسم کا پیٹرن ایٹمز، چھوٹے مالیکیول حتیٰ کی کاربن کے بڑے مالیکیول سے بھی بنایا جا چکا ہے جس میں 60 ایٹمز ہوتے ہیں۔

اس سے ہم اس کے سوا اور کوئی نتیجہ نہیں نکال سکتے کہ ہر فوٹون، الیکٹران، یا مالیکیول کسی نہ کسی طرح دونوں شگافوں سے ایک لہر کی صورت میں گزرتا ہے اور یہ لہر اپنے آپ سے مل کر انٹرفیرنس پیٹرن بناتی ہے۔ جہاں اس لہر کا بلند ترین حصہ ہوتا ہے وہاں ذرات کا سکرین سے ٹکرانے کا امکان زیادہ ہوتا ہے اور جہاں یہ لہر پست ہوتی ہے وہاں ذرات کا سکرین سے ٹکرانے کا امکان کم ہوتا ہے۔ لیکن کسی نہ کسی طرح ہر ذرہ سکرین پر صرف ایک ہی جگہ ٹکراتا ہے۔

اسی قسم کا ایک اور مظہر کوانٹم tunneling بھی ہے۔ حقیقت یہ ہے کہ کوانٹم ذرات کی بہت سی خصوصیات مثلاً مومینٹم، سپن، اور توانائی بھی اسی اصول کے تحت کام کرتے ہیں۔ ان مظاہر کو اگرچہ ذہنی طور پر سمجھنا ممکن ہے لیکن ریاضی کی زبان میں انہیں مکمل طور پر بیان کیا جا سکتا ہے۔ ان لہروں جیسی خصوصیات کو ریاضی کے جس فارمولے سے بیان کیا جاتا ہے اسے ان ذرات کا wave function کہا جاتا ہے۔ اس ویو فنکشن سے کوانٹم ذرات کی خصوصیات کو مکمل طور پر بیان کیا جا سکتا ہے۔ لیکن یہ ویو فنکشن ہے کیا اور یہ لہریں کس چیز کی ہیں اس بارے میں کچھ بھی کہنا مشکل ہے۔

آیئے اس پر کچھ تفصیلی بات کرتے ہیں اور یہ دیکھتے ہیں کہ ہم ان دو شگاف والے نتائج کے بارے میں کیا کچھ جانتے ہیں۔ ہم یہ جانتے ہیں کہ ہر ذرے کا آغاز اور انجام کہاں پر ہوا۔ ان کا آغاز اس لیزر گن یا مالیکیولز کے منبع سے ہوا جس کی پوزیشن ہمیں معلوم ہے۔ ان کا انجام سکرین کے ایک نقطے پر ہوا جس کی پوزیشن ہم دیکھ سکتے ہیں۔ چنانچہ ان دونوں مقامات پر یہ ذرات کی طرح ہی کام کرتے ہیں۔ لیکن راستے میں یہ لہروں کی طرح

کام کرتے معلوم ہوتے ہیں۔ گویا شگافوں سے گزرنے کے دوران ان ذرات کو نہ صرف سکرین کے ہر نقطے تک پہنچنے کا راستہ معلوم ہے بلکہ راستے میں ہر جگہ پر دوسرے ذرات کے موجود ہونے کے امکان کا بھی علم ہے۔

چنانچہ ہر ذرے کو لازماً تمام ممکن راستوں کا علم ہونا چاہیے۔ گویا ان ذرات کے پاس ان تمام ممکنہ راستوں کا مکمل سیٹ ہے جن سے کوئی بھی اور ذرہ گزر سکتا ہے (ورنہ انٹرفیرنس پیٹرن ممکن نہیں ہے) لیکن سکرین تک پہنچتے ہی ذرہ صرف ایک نقطہ منتخب کرتا ہے جس کا مطلب یہ ہے کہ ذرہ اس خاص راستے سے ہی گزرا تھا جس سے گزر کر اس نقطے تک آنا ممکن تھا۔ ہمیں یہ معلوم نہیں کہ کون سے محرکات ان ذرات کو سکرین پر پہنچنے کے وقت لہروں سے ذرات کا کردار اپنانے پر مجبور کرتے ہیں۔

ہمارے پاس جتنے جوابات ہیں ان سے زیادہ نئے سوالات پیدا ہوتے چلے جا رہے ہیں۔ ہم نے ابھی تک یہ بیان نہیں کیا کہ اگر یہ ذرات لہروں کی شکل میں سفر کرتے ہیں تو وہ لہریں کس شے کی ہیں۔ ہمیں اس سوال کا جواب معلوم نہیں ہے۔ کوانٹم فزکس کی مختلف توضیحات اس سوال کا مختلف جواب دیتی ہیں۔

ورنر ہائزنبرگ اور نیل بوہر دونوں نے مل کر 1920 کی دہائی میں کوپن ہیگن شہر میں کوانٹم فزکس کو دریافت کیا۔ اس شہر کے نام پر کوانٹم فزکس کی ایک توضیح کو کوپن ہیگن توضیح کہا جاتا ہے۔ اس کے مطابق یہ لہریں کسی مادی شے کی نہیں بلکہ صرف امکان یعنی probability کی لہریں ہیں۔ اس توضیح کے مطابق جب تک ایک ذرہ کسی شے سے نہ ٹکرائے اس وقت تک وہ ایک امکانی لہر ہی ہوتا ہے اس کا کوئی مادی وجود نہیں ہوتا۔ صرف سکرین سے ٹکرانے پر ہی اس کے وجود کی جگہ کا اور اس کے راستے کا تعین ہوتا ہے۔ اس امکان سے وجود میں تبدیلی کے عمل کو collapse of the wave function کہا جاتا ہے۔ اس collapse سے پہلے ذرے کی خصوصیات کی بات کرنا بے معنی ہے۔

گویا کائنات میں تمام کے تمام امکانات بیک وقت موجود ہوتے ہیں اور صرف آخری لمحے پر ہی ان میں سے ایک امکان کا چناؤ ہوتا ہے۔ یہ تمام امکانات آپس میں ایک دوسرے پر اثرانداز ہوتے ہیں جس سے interference pattern ترتیب پاتا ہے اور ذرے کی حتمی پوزیشن کا فیصلہ ہوتا ہے۔ چنانچہ تمام کے تمام ممکنہ راستے interference پیدا کرتے ہیں لیکن ان میں سے صرف ایک راستہ 'حقیقت' کا روپ دھارتا ہے اور باقی تمام راستے غیر حقیقی رہتے ہیں۔ کوپن ہیگن توجیہہ کے مطابق حقیقی راستے کا چناؤ بالکل random ہوتا ہے لیکن یہ wave function کے دائرہ کار کے اندر رہ کر ہی ہوتا ہے۔

اگرچہ عقلی طور پر کوانٹم تھیوری کو ذہن تسلیم نہیں کرتا لیکن عملی طور پر اس سے زیادہ کامیاب تھیوری شاید سائنس میں کوئی نہیں۔ اس کی پیش گوئیاں حیرت انگیز حد تک درست ثابت ہوئی ہیں اور اس کے نتائج کوپن ہیگن توضیح کے عین مطابق ہیں۔

لیکن کوپن ہیگن توضیح کوانٹم فزکس کی واحد توضیح نہیں ہے۔ کوانٹم فزکس کی کچھ توضیحات ایسی بھی ہیں جن میں wave function کو محض ایک ماڈل نہیں بلکہ ایک معروضی حقیقت مانا گیا ہے۔ یہ ذہن میں رکھیے گا کہ روشنی برقی مقناطیسی فیلڈ کی لہروں پر مشتمل ہے۔ کوانٹم فیلڈ

تھیوری کا بیان ہے کہ تمام بنیادی ذرات اصل میں ان فیلڈز کی لہریں ہیں۔ یہ لہریں ہی ذرات کے راستوں کا تعین کرتی ہیں اور یہی سکرین پر ان ذرات کی حتمی پوزیشن کا فیصلہ کرتی ہیں۔

ویڈیو لنک:

https://www.youtube.com/watch?v=p-MNSLsjjdo

کوانٹم فزکس کا ایک تجربہ جو دو پولرائزڈ چشموں کے ساتھ ہم گھر پر بھی کر سکتے ہیں

ہم عام طور پر یہ سمجھتے ہیں کہ کوانٹم فزکس کے تجربات بہت زیادہ ایڈوانسڈ لیبارٹریز میں ہی ممکن ہیں۔ لیکن کوانٹم پارٹیکلز کا غیر متوقع behavior ہم گھر میں بھی دیکھ سکتے ہیں۔ اس تجربے کے لیے آپ کو ایک ایل سی ڈی سکرین اور دو ایسے دھوپ کے چشمے درکار ہیں جن کے لینز پولرائزڈ ہوں۔ پولرائزڈ لینز ایسے لینز ہوتے ہیں جن میں صرف ایک ہی orientation کے فوٹان گزر سکتے ہیں۔ اس وجہ سے دھوپ کے چشمے جن میں پولرائزڈ لینز لگے ہوں دھوپ کی چمک اور glare کو کم کرتے ہیں جس سے آنکھوں پر کم بوجھ پڑتا ہے۔

اس ویڈیو میں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ جب ایل سی ڈی سکرین کے سامنے ایک پولرائزڈ لینز رکھا جائے اور اسے کچھ گھمایا جائے تو ایک زاویے پر پیچھے سے آنے والی تمام روشنی بلاک ہو جاتی ہے۔ پھر ہم اس لینز میں سے سکرین کو نہیں دیکھ پاتے۔ لیکن اگر اس لینز کے پیچھے ایک اور پولرائزڈ لینز رکھ کر اسے تھوڑا گھمایا جائے تو پیچھے والے لینز کا ایک زاویہ ایسا ہے جس سے ہمیں ان دونوں پولرائزڈ لینز کے پیچھے موجود سکرین نظر آنے لگتی ہے حالانکہ اب سکرین کی روشنی دو لینزز میں سے گزر کر آ رہی ہے اور پہلے والے لینز نے تمام فوٹانز بلاک کر رکھے تھے۔

عام زندگی میں ہماری توقع یہ ہوتی ہے کہ اگر ہم نے کسی شے سے روشنی کو ہم تک پہنچنے سے روک دیا ہے تو اس شے کو ہٹائے بغیر وہ روشنی ہم تک نہیں پہنچ پائے گی۔ مثال کے طور پر اگر ہم نے دھوپ میں ایک سائبان لگا کر سایہ دار جگہ بنائی ہے اور ہم سائبان کے سائے میں ہیں تو جب تک ہم سائبان کو نہ ہٹائیں، دھوپ ہم تک نہیں پہنچے گی۔ ہمارے لیے یہ بات انتہائی حیرت کا باعث ہو گی اگر کوئی شخص اس پہلے سے موجود سائبان کے اوپر ایک اور سائبان لگائے اور یکایک دھوپ ہم تک پہنچنے لگے۔ لیکن اس ویڈیو میں آپ دیکھتے ہیں کہ عین ایسا ہی کچھ ہو رہا ہے۔

کیا آپ نے کبھی سوچا ہے کہ ایسا کیسے ممکن ہے کہ کسی لینز میں سے کوئی روشنی نہ گزر رہی ہو لیکن اس کے پیچھے ایک اور لینز رکھا جائے تو اچانک اس لینز میں سے روشنی گزرنے لگتی ہے اور ہمیں دونوں لینزز کے پیچھے کا منظر نظر آنے لگتا ہے۔

ویڈیو کا لنک:

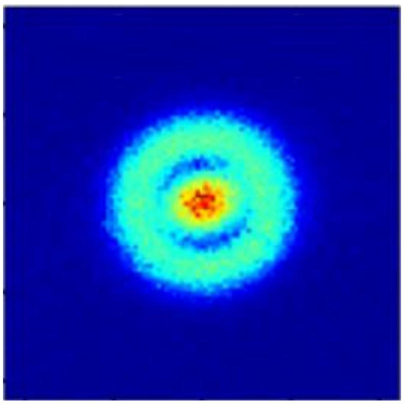
https://www.facebook.com/watch/?v=1408912422992852

کیا ایٹمی ذرات کو دیکھا جا سکتا ہے؟

اگرچہ یہ درست ہے کہ ایٹم کی شبیہہ بنائی جا چکی ہے لیکن یہ سوچنا درست نہیں ہو گا کہ ہم ایٹم کو دیکھ سکتے ہیں۔ بنیادی طور پر ایٹم ایک پیچیدہ ذرہ ہے اور وہ کیسا 'نظر آتا ہے' کا انحصار اس بات پر ہے کہ ہم اس کی شبیہہ بنانے کے لیے کیا ٹیکنالوجی استعمال کر رہے ہیں۔

ایٹم کی شبیہہ عام روشنی سے نہیں بنائی جا سکتی۔ نظر آنے والی روشنی کی کم سے کم طول موج (wavelength) بنفشی شعاعوں کی ہوتی ہے اور ان شعاعوں کی موجوں کی لمبائی بڑے سے بڑے ایٹم کی جسامت سے بھی ہزاروں گنا زیادہ ہے۔ فرض کیجیے آپ کے پاس ایک دعوتی کارڈ آیا ہے جس میں دعوت نامہ ابھرے ہوئے حروف میں لکھا ہے لیکن اندھیرے کی وجہ سے آپ اسے پڑھ نہیں سکتے۔ اگر آپ اس پر باسکٹ بال اچھالیں اور بال کے اچھلنے کے زاویے سے کارڈ پر چھپے حروف کا اندازہ لگانے کی کوشش کریں تو کیا آپ ایک بھی حرف کا درست اندازہ لگا سکیں گے؟ یقیناً نہیں۔ یہی صورت روشنی کے ساتھ بھی ہے۔ روشنی کا طول موج اتنا زیادہ ہے کہ یہ ایٹم سے ٹکرائے گی ہی نہیں اور نہ ہی منعکس ہو گی جو کہ شبیہہ بنانے کے لیے ضروری ہے۔

ہمیں ایٹم کی شبیہہ بنانے کے لیے کسی ایسی چیز کی ضرورت ہے جو ایٹم سے بھی چھوٹی ہو۔ ایسی چیزیں موجود ہیں جو ایٹم سے چھوٹی ہیں۔ ہم کم ترین ویولینگتھ کی روشنی یعنی برقی مقناطیسی لہریں (electromagnetic waves) استعمال کر سکتے ہیں۔ ایٹم کی جسامت کو دیکھتے ہوئے ہمیں روشنی کی جس طول موج کی ضرورت ہے وہ گیما ریز میں پائی جاتی ہے۔ لیکن کسی بھی شعاع کا طول موج جتنا کم ہو اس کی فریکونسی اتنی ہی زیادہ ہوتی ہے اور جتنی زیادہ فریکونسی ہو گی اتنی ہی زیادہ فوٹانز میں توانائی بھی زیادہ ہو گی۔ چنانچہ گیما ریز کے فوٹانز کی توانائی اتنی زیادہ ہوتی ہے کہ اگر ایٹم پر گیما رے فوٹانز کی بوچھاڑ کی جائے تو نہ صرف ایٹم کے تمام الیکٹرانز اپنے شیلز سے خارج ہو جائیں گے بلکہ ایٹم کے مرکزے کے بھی پرخچے اڑ جائیں گے۔ اس کی مثال ایسے ہی ہو گی کہ جس دعوتی کارڈ کا پہلے ذکر ہوا اسے پڑھنے کے لیے ہم مشین گن کی گولیاں استعمال کریں۔ یہ گولیاں اگرچہ باسکٹ بال سے چھوٹی ہیں لیکن ان کی توانائی اتنی زیادہ ہے کہ یہ کارڈ کے پرخچے اڑا دیں گی۔



ہم گیما ریز فوٹانز کی جگہ الیکٹرانز کی بیم (beam) استعمال کر سکتے ہیں لیکن اس کا نتیجہ بھی یہی ہو گا کہ ایٹم کی ہائی ریزولوشن تصویر بنانے کے لیے بہت زیادہ توانائی کے الیکٹران استعمال کرنا ہوں گے جو ایٹم کے اپنے الیکٹرانز کو اڑا کر لے جائیں گے۔

چنانچہ ایٹم کو براہِ راست 'دیکھنا' ممکن نہیں ہے البتہ بالواسطہ طور پر ان کی شکل و صورت کے بارے میں معلومات حاصل کر کے ان کی شبیہہ بنائی جا سکتی ہے۔ ایسے کئی طریقے موجود ہیں جن کے استعمال سے زیادہ توانائی کو استعمال کیے بغیر ایٹم کی صورت کے بارے میں انفارمیشن حاصل کی جا سکتی ہے اگرچہ یہ تمام کے تمام طریقے انتہائی مشکل اور صبر آزما ہیں۔ ان طریقوں کو استعمال کر کے 2013 میں ہائیڈروجن کے ایٹم کی ایک شبیہہ بنائی گئی تھی جو تصویر میں دی گئی ہے۔

آپ جانتے ہیں کہ ہائیڈروجن کے ایٹم انتہائی سادہ ہیں جبکہ دوسرے عناصر کے ایٹم ان سے کہیں زیادہ پیچیدہ ہیں چنانچہ دوسرے عناصر کے ایٹمز کی شکلیں بھی پیچیدہ ہوں گی۔ زیادہ تر ایٹم بالکل گول نہیں ہوتے اور آپ ان کے بارے میں جتنی زیادہ معلومات حاصل کریں یہ ایٹم اتنے ہی پیچیدہ نظر آنے لگتے ہیں۔

اب ہائیڈروجن ایٹم کی ہی مثال لے لیجیے۔ اس کے مرکز میں صرف ایک پروٹان ہے۔ لیکن ایٹم کی کل جسامت کے مقابلے میں پروٹان صرف ایک نقطہ ہی نظر آتا ہے۔ فرض کیجیے ہم کسی نہ کسی طرح اس ایٹم کی شبیہہ کی ریزولوشن بڑھاتے چلے جاتے ہیں۔ ایک مقام ایسا بھی آئے گا جب پروٹان کا اندرونی سٹرکچر بھی نظر آنے لگے گا۔ جیسے ایٹم پروٹانز، الیکٹرانز اور نیوٹرانز پر مشتمل ہوتے ہیں اسی طرح پروٹانز اور نیوٹرانز قوارکس پر مشتمل ہوتے ہیں۔ پروٹان کا اندرونی سٹرکچر بھی اس تصویر کی طرح بہت پیچیدہ نظر آئے گا۔ اس کے اندر مختلف مقامات پر قوارکس کی موجودگی کے امکانات مختلف ہوں گے۔ دوسرے الفاظ میں ہم پروٹان کے اندر قوارکس کے wave-function کو دیکھ پائیں گے۔

ہم اس سفر میں قوارکس سے آگے نہیں جاسکتے کیونکہ قوارکس کو سائنس دان بنیادی ذرہ تصور کرتے ہیں جس کی مزید تقسیم ناممکن ہے۔ یعنی قوارکس کے اندر کوئی سٹرکچر موجود نہیں ہے۔ آپ خواہ کتنی ہی زیادہ توانائی کیوں نہ استعمال کر لیں آپ کو قوارکس کے اندر کوئی سٹرکچر نظر نہیں آئے گا۔ یہ بنیادی ذرات ایک نقطے کی طرح ہیں جس کا کوئی حجم اور کوئی جسامت نہیں ہے۔

لیکن ان ذرات کے ایک نقطہ ہونے کے باوجود بھی ہمیں ان ذرات کی کوئی واضح شبیہہ نہیں ملتی۔ ہم بنیادی ذرات کو 'دیکھنے' کا کوئی بھی طریقہ استعمال کریں ایک بنیادی حقیقت ہمیشہ موجود رہتی ہے اور وہ یہ کہ ہم جتنا چھوٹا ذرہ دیکھنا چاہ رہے ہیں اسے دیکھنے کے لیے اتنی ہی زیادہ توانائی درکار ہو گی۔ چنانچہ ایک حد سے زیادہ توانائی کے استعمال سے یہ بنیادی ذرات بھی نئے ذرات میں تبدیل ہونے لگتے ہیں (یعنی ان کو دیکھنے کی کوشش میں جو توانائی استعمال ہوتی ہے وہ نئے ذرات کے ماس میں تبدیل ہو جاتی ہے)۔ چنانچہ بہت زیادہ توانائی استعمال کرنے پر ایک واضح شبیہہ نظر آنے کے بجائے ہمیں بہت سے نئے ذرات کے فوارے چھوٹتے نظر آنے لگتے ہیں۔ یہی وہ بنیادی طریقہ ہے جو پارٹیکل ایکسیلیریٹرز میں استعمال ہوتا ہے۔ یعنی بنیادی ذرات کو بہت زیادہ رفتار اور توانائی دے کر انہیں آپس میں ٹکرایا جاتا ہے جس سے نئے ذرات کے فوارے چھوٹنے لگتے ہیں جن کے تجزیہ سے ہم عدم دریافت شدہ ذرات دریافت کرتے ہیں۔

اور اس پہلو سے بھی سوچیے کہ آخر بنیادی ذرہ ہے کیا چیز۔ اس وقت ہماری فزکس کی بہترین تھیوری کوانٹم فیلڈ تھیوری ہے جس کی رو سے بنیادی ذرات نہ تو کوئی 'چیز' ہیں اور نہ ہی یہ ذرات اس تھیوری کا بنیادی حصہ ہیں۔ کوانٹم فیلڈ تھیوری کا بنیادی تصور فیلڈز ہیں جس میں ہلچل کا نام ذرات ہے۔ اس سے بھی بڑا مسئلہ یہ ہے کہ نظریہ اضافت کی رو سے اگر آبزرور خود اسراع میں ہو یا کششِ ثقل کے فیلڈ میں ہو (نظریہ اضافت کی رو سے کششِ ثقل بھی اسراع کے ہی برابر ہے)۔ تو دو آبزرور ایک ہی ذرے کے مشاہدات سے دو مختلف نتائج اخذ کریں گے۔ چنانچہ آپ کسی ایسی شے کی شبیہہ کیسے بنا سکتے ہیں جو ایک آبزرور کے مطابق تو وجود رکھتی ہے لیکن دوسرے آبزرور کے مطابق وجود ہی نہیں رکھتی۔

اگر یہ جواب آپ کی توقع سے لمبا ہے یا اس جواب سے آپ کی تشفی نہیں ہوئی تو جان لیجیے کہ فطرت ایسی ہی ہے۔ یہ ہماری ذمہ داری ہے کہ فطرت کو اس طرح سے سمجھیں جس طرح سے یہ حقیقت میں ہے۔ فطرت کی یہ ذمہ داری نہیں ہے کہ وہ ہمارے سامنے اس طرح سے ظہور پذیر ہو کہ ہمیں سمجھنے میں آسانی ہے۔ اور جیسا کہ اس بحث سے صاف ظاہر ہے، فطرت اپنے آپ کو ظاہر کرنے کی کوئی خواہش نہیں رکھتی۔

آرٹیکل کا لنک:

https://www.quora.com/Atoms-have-been-visualized-and-they-have-a-round-shape-as-predicted-Do-you-think-smaller-particles-like-neutrons-electrons-and-various-others-will-ever-be-visualized/answer/Viktor-T-Toth-1

گریویٹی اور کوانٹم تھیوری

کوانٹم تھیوری کو سائنس کی تاریخ کی بہترین تھیوری کہا جاتا ہے کیونکہ اس نظریے سے فطرت کے اتنے مختلف مظاہر کی وضاحت ممکن ہو گئی ہے جو کسی بھی اور نظریے سے ممکن نہیں تھی۔ لیکن ایک بنیادی قوت یعنی کشش ثقل یا گریویٹی ایسی ہے جس کی وضاحت کوانٹم فزکس کی رو سے ابھی تک ممکن نہیں ہو پائی۔ حسان سلیم صاحب نے اپنے ایک انگریزی میں کیے گئے کمنٹ میں اس بات کی وضاحت کی تھی کہ ان کی رائے میں گریویٹی کی quantization کیوں ضروری ہے۔ یہ اس کمنٹ کا اردو ترجمہ ہے۔

سوال: گریویٹی کی quantization کیوں ضروری ہے؟

جواب:

غیر یقینیت (uncertainty) کا اصول فزکس کا ایک بنیادی اصول ہے۔ اس اصول کی رو سے کسی بھی جسم کی پوزیشن اور مومینٹم بیک وقت مکمل ایکوریسی کے ساتھ معلوم نہیں کیے جا سکتے۔ اگر آپ کسی بھی جسم کی پوزیشن اور مومینٹم کی پیمائش کرنا چاہتے ہیں تو اس کا طریقہ عموماً یہ ہوتا ہے کہ اس جسم پر کسی قسم کی لہریں پھینکی جائیں اور ان لہروں کے انعکاس سے اس جسم کے بارے میں معلومات اکٹھا کی جائیں۔ اگر آپ یہ چاہتے ہیں کہ اس دوران اس جسم میں پیمائش کی وجہ سے کوئی تبدیلی نہ آئے تو آپ ان لہروں کا amplitude (یعنی ان کی توانائی) بے حد کم کر سکتے ہیں تاکہ اس لہروں کے اس جسم سے ٹکرانے کے نتیجے میں اس جسم کے مومینٹم میں تبدیلی کم سے کم رہے۔ اس کے علاوہ ان لہروں کی ویو لنگتھ کو بھی انتہائی کم رکھا جا سکتا ہے تاکہ منعکس شدہ لہروں سے جسم کی پوزیشن انتہائی ایکوریسی سے ناپی جا سکے۔ گویا اگر ان لہروں کی ویو لنگتھ کو صفر کے انتہائی قریب کر دیا جائے تو اس جسم کی پوزیشن مکمل ایکوریسی سے معلوم کی جا سکے گی اور اگر ان لہروں کے amplitude کو صفر کے انتہائی قریب کر دیا جائے تو اس جسم کی حرکت میں کوئی تبدیلی کیے بغیر اس جسم کے مومینٹم کی پیمائش کی جا سکے گی۔ اس طرح اصولاً ہم اس جسم کی پوزیشن اور مومینٹم مکمل ایکوریسی کے ساتھ حاصل کر سکیں گے اور یوں غیر یقینیت کا اصول غلط ثابت ہو جائے گا۔

لیکن ٹھہریے۔ یہ کام اس قدر آسان بھی نہیں ہے۔ اگر ہم اس پیمائش کے لیے روشنی کی لہروں کو استعمال کر رہے ہیں (روشنی کی لہروں سے کسی چیز کی پیمائش کرنا قدرے آسان ہے) تو ہم جانتے ہیں کہ ہم روشنی کی مقدار کو کم کرتے کرتے بالکل صفر کے پاس نہیں لے جا سکتے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ ہم جانتے ہیں کہ روشنی فوٹانز سے مل کر بنتی ہے اور فوٹانز کو تقسیم نہیں کیا جا سکتا۔ گویا اگر ہم روشنی کی مقدار کو کم کرتے جائیں تو روشنی کی شعاع میں فوٹانز کی تعداد کم ہوتی چلی جائے گی یہاں تک کہ اس شعاع میں صرف ایک فوٹان رہ جائے گا۔ اب اگر ہم اس فوٹان کو بھی ختم کر دیں تو اس شعاع میں کچھ نہیں بچے گا یعنی ہمارے پاس اس جسم کی پیمائش کے لیے شعاع ہی باقی نہیں رہے گی۔ اس جسم کی پوزیشن یا مومینٹم معلوم کرنے کے لیے ہمیں کم از کم ایک فوٹان ضرور درکار ہو گا اور اس فوٹان کی کچھ نہ کچھ فریکوئنسی ضرور ہو گی۔ اگر ہم اس جسم کا مومینٹم بہتر طور پر معلوم کرنا چاہتے ہیں تو اس فوٹان کی توانائی کم سے کم رکھنا ہو گی۔ لیکن کم توانائی کے فوٹان کی فریکوئنسی کم ہو گی یعنی اس کی ویو لنگتھ زیادہ ہو گی۔ اس زیادہ ویو لنگتھ کی وجہ سے ہم اس جسم کی پوزیشن زیادہ ایکوریسی سے نہیں معلوم کر پائیں گے۔ یہ ایسا ہی ہو گا گویا ہم ایک گز سے ایک چیونٹی کی لمبائی

ناپنے کی کوشش کریں۔ اگر ہم اس جسم کی پوزیشن ایکوریسی سے ناپنا چاہتے ہیں تو ہمیں اس فوٹان کی ویو لنگتھ کو بہت کم کرنا پڑے گا۔ اس صورت میں اس کے انعکاس سے ہم اس جسم کی پوزیشن کی بہتر پیمائش کر پائیں گے۔ لیکن اس صورت میں فوٹان کی فریکونسی بڑھ جائے گی (فریکونسی ہمیشہ ویو لنگتھ کے معکوس تناسب میں ہوتی ہے یعنی ویو لنگتھ جتنی کم ہو گی فوٹان کی فریکونسی اتنی ہی زیادہ ہو گی) اور اس کے مومینٹم میں اضافہ ہو گیا ہے (فوٹان کی توانائی اور اس کا مومینٹم اس کی فریکونسی کے متناسب ہوتا ہے) چنانچہ اب ہم اس جسم پر سے اس فوٹان کو منعکس کرنے کی کوشش کریں گے تو اس عمل میں اس جسم کو بہت زیادہ توانائی سے دھکا دیں گے جس کا نتیجہ یہ ہو گا کہ اس جسم کا مومینٹم تبدیل ہو جائے گا۔ گویا اگر ہم اس جسم کی پوزیشن کی پمائش کی ایکوریسی سے کرنا چاہتے ہیں تو اس کا مومینٹم ایکوریسی سے نہیں ناپ سکتے اور اگر اس کا مومینٹم ایکوریسی سے ناپنا چاہتے ہیں تو اس کی پوزیشن ایکوریسی سے دریافت نہیں کر سکتے۔ اور یوں روشنی کی quantization کی وجہ سے غیر یقینیت کا اصول قائم رہتا ہے۔

اب ہم اس مسئلے کو روشنی کی لہروں کے بجائے ثقلی لہروں یعنی gravitational waves سے حل کرنے کی کوشش کرتے ہیں۔ ثقلی لہروں کی بھی ایک مخصوص ویو لنگتھ ہوتی ہے اور ان میں ایک مخصوص توانائی ہوتی ہے۔ اگر کشش ثقل کوانٹائزڈ نہیں ہے تو اس کا مطلب یہ ہو گا کہ ہم کشش ثقل کی لہروں کی توانائی صفر کے انتہائی قریب لے جا سکتے ہیں اور اس کی فریکونسی بے حد زیادہ کر سکتے ہیں۔ اس طرح ہم اصولاً ثقلی لہروں سے کسی جسم کی پوزیشن اور اس کے مومینٹم کی پیائش بیک وقت انتہائی ایکوریسی سے کر پائیں گے اور یوں غیر یقینیت کا اصول ٹوٹ جائے گا۔ اگر ہم یقین کے ساتھ یہ کہہ سکتے ہیں کہ غیر یقینیت کا اصول کائنات کا ایک بنیادی اصول ہے (اور تمام ماہرین طبیعات اس بات پر متفق ہیں کہ غیر یقینیت کا اصول کائنات کا ایک بنیادی اصول ہے جو ہر جگہ اور ہر سچویشن میں لاگو ہوتا ہے) تو پھر یہ بات یقینی ہے کہ ثقلی لہروں کو بھی کوانٹائزڈ ہونا چاہیے۔ یہ اسی صورت میں ممکن ہو گا اگر کشش ثقل خود کوانٹائزڈ ہے اور اس کا کوئی کوانٹم ذرہ موجود ہے۔ چنانچہ منطق کی رو سے ہم یہ کہہ سکتے ہیں اگر فزکس self-consistent ہے تو لازماً کشش ثقل کا کوانٹم بھی موجود ہے جسے سائنس دانوں نے گریویٹان کا نام دیا ہے۔ اگرچہ ابھی تک گریویٹان کو دریافت نہیں کیا جا سکا لیکن اگر گریویٹان کو ڈیٹیکٹ کرنا ممکن ہو جائے تو شاید اس سے فزکس کی تاریخ میں ایک نئے باب کا اضافہ ہو گا۔

نوٹ: یہ دلیل فزکس کے وہ ماہرین استعمال کرتے ہیں جن کے مطابق سٹرنگ تھیوری فزکس کی مکمل تھیوری فراہم کر سکتی ہے۔ بہت سے لوگ جو سٹرنگ تھیوری کو فزکس کا حصہ نہیں سمجھتے ان کا دعویٰ ہے کہ کشش ثقل بنیادی طور پر کوانٹائزڈ نہیں ہے۔

ہگز بوزون

جب ہم کائنات پر نظر ڈالتے ہیں تو ہمیں ہر طرف کہکشائیں، ستارے، سیارے، شہابیے وغیرہ نظر آتے ہیں۔ اگر ہم ان سب اجسام کا تجزیہ کریں تو ہمیں معلوم ہوتا ہے کہ کائنات میں ہر مادی چیز کچھ بنیادی پارٹیکلز سے مل کر بنی ہے۔ یہ پارٹیکلز اس قدر چھوٹے ہیں کہ انہیں دنیا کے بہترین خوردبین سے بھی نہیں دیکھا جا سکتا۔

سنہ 1896 میں پہلا بنیادی پارٹیکل الیکٹران دریافت کیا گیا۔ آج ہم دو سو سے زیادہ سب اٹامک پارٹیکلز کے بارے میں جانتے ہیں۔ ان میں سب سے آخر میں جو پارٹیکل دریافت ہوا اس کا نام ہگز بوزون ہے۔ اس پارٹیکل کو دریافت کرنے پر 14 ارب ڈالر صرف ہوئے۔ اسے عام میڈیا میں گاڈ پارٹیکل کا نام دیا گیا جس کی وجہ سے لوگوں کے ذہنوں میں اس پارٹیکل کے بارے میں بہت سے غیر ضروری شبہات پیدا ہونے لگے ہیں اور سائنس سے لاعلم کچھ حضرات اس پارٹیکل کا ناطہ مذہبی تصورات سے جوڑنے لگے ہیں۔ تو آیئے دیکھتے ہیں کہ ہگز بوزون کیا ہے۔

بنیادی فورسز اور ان کے ذرات:

کائنات میں چار بنیادی فورسز ہیں جو ایک ایٹم سے لے کر کہکشاؤں کے کلسٹرز تک کائنات کی ہر چیز کی توجیہہ پیش کرتی ہیں۔

1) کشش ثقل جو شمسی سیاروں کو سورج کے گرد گھومنے پر مجبور کرتی ہے۔ کشش ثقل کا بنیادی ذرہ مفروضاتی ہے جسے گریویٹان کہا جاتا ہے۔ یہ ذرہ فی الحال دریافت نہیں ہو پایا۔
2) برقی مقناطیسی قوت جو الیکٹریکل چارج کے آپسی تعاملات متعین کرتی ہے۔ اس کا بنیادی ذرہ فوٹان ہے۔
3) ویک فورس (Weak force) جو ایٹموں کی تابکاری کا باعث بنتی ہے۔ اس کے بنیادی ذرات W اور Z بوزون ہیں۔
4) سٹرانگ فورس (Strong force) جو ایٹم کے مرکزے میں پروٹانز کو اکٹھا رکھتی ہے۔ اس کا بنیادی ذرہ گلووون (gluon) ہے۔

فزکس کا بنیادی نظریہ جو ان تمام ذرات کو انتہائی خوبصورتی سے بیان کرتا ہے اسے فزکس کا سٹینڈرڈ ماڈل کہا جاتا ہے۔

ہگز فیلڈ:

1960 کی دہائی میں فزکس کو ایک اہم مسئلے کا سامنا تھا جس کا حل ہمارے پاس نہیں تھا۔ اور وہ مسئلہ یہ تھا کہ بنیادی پارٹیکلز کا ماس کیونکر بنتا ہے۔ اس مسئلے کا حل پیٹر ہگز اور پانچ دوسرے سائنس دانوں نے پیش کیا۔ ان کے مفروضے کے مطابق کائنات میں ہر جگہ ایک فیلڈ موجود ہے جسے ہگز فیلڈ کہا جاتا ہے۔

اس فیلڈ کی مثال آپ یوں سمجھیے: فرض کریں کہ آپ ایک سڑک پر چل رہے ہیں۔ آپ آسانی سے ادھر ادھر پھر سکتے ہیں اور آپ کو ایسا کرنے میں کوئی مزاحمت محسوس نہیں ہوتی۔ اب آپ تصور کیجیے کہ آپ کسی گہرے تالاب یعنی سوئمنگ پول میں پیدل چل رہے ہیں۔ آپ کو کیا محسوس ہو گا؟ آپ کو اپنے جسم پر پانی کی مزاحمت محسوس ہو گی جس کی وجہ سے آپ کے چلنے کی رفتار بہت کم ہو جائے گی۔

ہگز فیلڈ بھی بنیادی پارٹیکلز کی حرکت کے خلاف اسی طرح مزاحمت پیش کرتا ہے۔ جب کچھ بنیادی ذرات ہگز فیلڈ کی موجودگی میں حرکت کرتے ہیں تو ہگز فیلڈ کی مزاحمت کی وجہ سے ان کی رفتار سست ہو جاتی ہے اور انہیں حرکت کے لیے قوت صرف کرنا پڑتی ہے۔ کسی بھی ذرے کا ہگز فیلڈ سے تعامل جس قدر زیادہ ہوتا ہے اسی قدر اسے زیادہ مزاحمت محسوس ہوتی ہے۔ اس مزاحمت کو ہم اس پارٹیکل کے ماس کے طور پر محسوس کرتے ہیں۔ کچھ بنیادی ذرات مثلاً فوٹانز اس فیلڈ کے ساتھ بالکل تعامل نہیں کرتے اس لیے ان کا ماس صفر ہوتا ہے۔

ہگز بوزون:

کوانٹم فزکس کا بنیادی اصول یہ ہے کہ اگر کائنات میں کوئی فیلڈ موجود ہے تو اس فیلڈ میں کسی بھی قسم کی تبدیلی یعنی ایکسائٹیشن کوانٹائزڈ ہوگی اور اس سے منسلک کوئی بنیادی ذرہ ہوگا۔ ہگز فیلڈ کی ایکسائٹیشن کے ساتھ بھی ایک بنیادی ذرہ منسلک ہے جسے ہگز بوزون کہا جاتا ہے۔

اس کی مثال ہم یوں سمجھنے کی کوشش کرتے ہیں۔ فرض کیجیے آپ کے پاس پانی سے بھرا ایک گلاس ہے۔ اس گلاس میں پانی ساکن ہے۔ اگر آپ اس گلاس میں تیزی سے برف کا ایک ٹکڑا ڈال دیں تو کیا ہوگا؟ پانی چھلکنے لگے گا۔ اسی طرح اگر ہگز فیلڈ میں باہر سے انرجی داخل کی جائے تو اس انرجی سے ہگز فیلڈ بھی چھلکنے لگتا ہے۔ ہگز فیلڈ میں چھلکنے کے اس مظہر کو ہگز بوزون کہا جاتا ہے۔

ہگز فیلڈ میں اس قدر توانائی پیدا کرنا آسان نہیں ہے جس سے ہگز بوزون پیدا ہوں۔ ہمیں ہگز بوزون کو دریافت کرنے میں پچاس برس لگے اور یہ سٹینڈرڈ ماڈل کا آخری ذرہ تھا جو 2012 تک دریافت نہیں ہو پایا تھا۔

گاڈ پارٹیکل؟

کچھ لوگ ہگز فیلڈ کو گاڈ پارٹیکل بھی کہتے ہیں۔ جانتے ہیں کیوں؟ نوبیل انعام یافتہ فزسسٹ لیون لیڈرمین کئی دہائیوں تک ہگز بوزون کی تلاش کرتے رہے لیکن ناکام رہے۔ انہوں نے ریٹائر ہونے کے بعد ہگز بوزون کی تلاش کی اپنی کوششوں پر ایک کتاب لکھی جس کا نام The God particle رکھا۔ اس کتاب کے دیباچے میں انہوں نے لکھا کہ وہ اپنی کتاب کا نام The Goddamn Particle رکھنا چاہتے تھے کیونکہ اس ذرے نے انہیں کئی دہائیوں تک مایوس کیے رکھا اور ان کی تمام عمر کی محنت اکارت گئی۔ وہ ریٹائر ہونے تک ہگز بوزون کو دریافت نہیں کر پائے۔ لیکن کتاب کے پبلشر نے کہا کہ یہ لفظ کچھ معیوب ہے اور سائنس کی کتاب کے لیے مناسب نہیں ہے۔ اس لیے انہوں نے کتاب کا نام بدل کر The God Particle رکھ دیا۔ اس طرح ہگز بوزون کا نام پاپولر میڈیا میں گاڈ پارٹیکل پڑ گیا۔ چنانچہ جب 2012 میں ہگز بوزون دریافت ہوا تو کئی اخباروں کی سرخیاں تھیں 'گاڈ پارٹیکل کو دریافت کر لیا گیا'۔ لیکن ہگز بوزون کا کسی مذہبی تصور سے کوئی تعلق نہیں ہے۔

کچھ لوگ شاید یہ سمجھتے ہوں کہ پارٹیکل فزکس کا مقصد صرف ہگز بوزون کو دریافت کرنا تھا۔ لیکن ہگز بوزون کی دریافت فزکس کی تاریخ میں ایک نیا باب ہے جس سے کئی نئی دریافتوں کا راستہ ہموار ہو گیا ہے۔ اب تک سوئٹزرلینڈ کی لیبارٹری لارج ہیڈران کولائیڈر LHC میں ہگز بوزون کے کئی نئے تعاملات دریافت ہو چکے ہیں اور مستقبل میں جب LHC کی طاقت مزید بڑھائی جائے گی تو اس کولائیڈر سے ہگز فیلڈ سے متعلق مزید نئی دریافتیں متوقع ہیں۔

اوریجنل ویڈیو کا لنک:

https://www.facebook.com/secretsofuniverse/videos/224148135466644

زیرو پوائنٹ توانائی

زیرو پوائنٹ توانائی کو کوانٹم ویکیوم زیرو پوائنٹ توانائی بھی کہا جاتا ہے۔ یہ وہ کم سے کم توانائی ہے جو کہ ایک کوانٹم سسٹم میں موجود ہو سکتی ہے۔ یہ توانائی اس سسٹم میں اس وقت موجود ہوتی ہے جب وہ اپنی سب سے کم توانائی والی حالت میں ہوتا ہے۔ بنیادی طور پر کوانٹم ذرات اور کوانٹم سسٹمز لہروں پر مشتمل ہوتے ہیں جس کی وجہ سے کوانٹم سسٹمز کی توانائی ہمیشہ تغیر پذیر رہتی ہے۔ یہ حقیقت سب سے کم توانائی کی حالت میں بھی لاگو ہوتی ہے۔ غیر یقینی کا اصول یعنی uncertainty principle اس بات کا ضامن ہے کہ کسی بھی کوانٹم سسٹم کی سب سے کم توانائی بھی صفر نہیں ہو گی۔ اس وجہ سے اگر کوانٹم سسٹم کا درجہِ حرارت مطلق صفر پر ہو تو بھی کوانٹم ذرات حرکت کرتے رہیں گے۔ مثال کے طور پر مائع ہیلیئم کرہِ ہوا کے دباؤ کے برابر دباؤ میں کسی بھی درجہِ حرارت پر نہیں جمتی۔ اس کی وجہ ہیلیئم کی زیرو پوائینٹ توانائی ہے۔

کوانٹم مکینکس فزکس کی وہ شاخ ہے جسے بنیادی ایٹمی ذرات کے آپس کے تال میل کو سمجھنے کے لیے ایجاد کیا گیا۔ کوانٹم مکینکس کا بنیادی ڈھانچہ بیسویں صدی کی پہلی تین دہائیوں میں بنایا گیا۔ جدید کوانٹم فزکس نے پچھلی چند دہائیوں میں بہت ترقی کی ہے۔ اسے ہم کیمسٹری اور میٹیریل سائنس میں استعمال کرتے ہیں اور اس کی مدد سے ہم حیاتیات یعنی بائیالوجی، علمِ فلکیات یعنی astronomy اور علمِ کائنات یعنی cosmology کو سمجھنے کی کوشش کرتے ہیں۔ زیرو پوائنٹ توانائی کا تصور 1913 میں جرمنی میں البرٹ آئن سٹائن اور آٹو سٹرن نے پیش کیا جس میں انہوں نے میکس پلانک کے سنہ 1900 میں پیش کیے گئے زیرو گراونڈ فارمولے کی تصحیح کی۔

خلا کی کُل توانائی خلا میں موجود تمام فیلڈز کی زیرو پوائنٹ توانائی کے برابر ہوتی ہے۔ ان فیلڈز میں برقی مقناطیسی فیلڈ، دوسرے گیج (gauge) فیلڈز، فرمیونز کے فیلڈ اور ہگز فیلڈ شامل ہیں۔ یہ تمام فیلڈز کوانٹم فزکس کے سٹینڈرڈ ماڈل میں بیان کیے گئے ہیں۔ یہ خلا کی توانائی ہے جسے کوانٹم فیلڈ تھیوری کی زبان میں 'خالی خلا' یعنی empty space نہیں کہا جاتا بلکہ تمام فیلڈز کی گراونڈ سٹیٹ کہا جاتا ہے۔

علمِ کائنات یعنی کاسمولوجی میں زیرو پوائنٹ توانائی کاسمولوجیکل کانسٹنٹ کی ایک ممکن شکل ہے۔ اس سے ملتی جلتی ایک اور اصطلاح زیرو پوائنٹ فیلڈ ہے جو کہ کسی ایک فیلڈ کی کم سے کم حالت کی توانائی ہے۔ زیرو پوائنٹ توانائی کو سائنس فکشن کی فلموں اور وڈیو گیمز میں کسی ایسی ناممکن ٹیکنالوجی کی توجیہہ کے طور پر پیش کیا جاتا ہے جو مفت میں توانائی مہیا کرے یا فزکس کے دوسرے قوانین کی خلاف ورزی کرے۔ 1986 میں مصنف آرتھر سی کلارک نے ایک ناول شائع کیا جس کا نام تھا The Songs of Distant Earth یعنی کسی دور دراز کی زمین کی موسیقی۔ اس میں ایک میجیلن نامی سپیس شپ کا ذکر ہے جو کوانٹم زیرو پوائنٹ توانائی سے چلتا ہے۔

فزکس کے ماہرین نے کائنات کی ایک نئی بنیادی قوت دریافت کرلی

فزکس کا سٹینڈرڈ ماڈل کائنات میں چار بنیادی قوتوں کو بیان کرتا ہے۔ کشش ثقل، برقی مقناطیسیت، سٹرانگ فورس، اور ویک فورس (سٹرانگ فورس اور ویک فورس صرف ایٹم کے مرکزے میں ہی تعاملات کرتی ہیں، برقی مقناطیسیت اور کشش ثقل بڑے پیمانے پر بھی تعاملات کرتی ہیں)۔ اب کچھ سائنس دانوں نے یہ دعویٰ کیا ہے کہ بنیادی ذرات کے تمام تعاملات ان چار قوتوں سے نہیں سمجھے جاسکتے اور انہوں نے کائنات کی ایک پانچویں بنیادی فورس کو ڈیٹیکٹ کیا ہے۔

یہ پہلا موقع نہیں ہے کہ سائنس دانوں نے ایک نئی بنیادی قوت دریافت کرنے کا دعویٰ کیا ہو۔ چند سال قبل سائنس دانوں کی اسی ٹیم نے بیریلیم کے ایک آئسوٹوپ کے decay کے دوران بھی ایسے مظہر کا مشاہدہ کیا تھا جس کی توجیہ اس ٹیم کے سائنس دانوں کے مطابق صرف ایک نئی فورس کی موجودگی سے ہی کی جاسکتی ہے۔ اب اس ٹیم نے ایک نئے تجربے میں ہیلیئم کے مرکزے کے ڈیکے کے دوران اسی نئی فورس کی موجودگی کے مشاہدے کا دعویٰ کیا ہے۔ اس سے سائنس دانوں نے ایک نئے بوزون کی موجودگی کی پیش گوئی کی ہے جو اس نئی دریافت شدہ فورس کا carrier ہے (بالکل ایسے ہی جیسے فوٹان برقی مقناطیسی قوت کا carrier ہے)۔ سائنس دانوں نے اس نئے ذرے کو X17 کا نام دیا ہے۔

اگر مزید مشاہدات سے X17 پارٹیکل کی موجودگی کی تصدیق ہوگئی تو نہ صرف کائنات کی بنیادی قوتوں کو سمجھنے میں مدد ملے گی بلکہ ممکن ہے کہ ڈارک میٹر کا مسئلہ بھی حل ہو جائے۔ فی الحال ہمیں معلوم نہیں ہے کہ ڈارک میٹر کس چیز کا بنا ہوا ہے۔

سائنس دانوں کی یہ ٹیم سنہ 2016 میں بیریلیم۔8 کے ایکسائیٹڈ ایٹم کے ڈیکے کے نتیجے میں خارج ہونے والے فوٹانز کو سٹڈی کر رہی تھی۔ ان فوٹانز میں اتنی توانائی ہوتی ہے کہ یہ الیکٹران اور پوزیٹران کے جوڑے میں تبدیل ہو جاتا ہے جو ایک مخصوص زاویے پر ایک دوسرے سے دور جانے لگتے ہیں۔ قانون بقائے توانائی کی رو سے فوٹان کی توانائی جتنی زیادہ ہوگی، الیکٹران اور پوزیٹران کا آپسی زاویہ اتنا ہی کم ہوگا۔ لیکن مشاہدات سے یہ معلوم ہوا کہ فوٹان کی توانائی سے قطع نظر، بہت سے الیکٹران اور پوزیٹران کے جوڑے آپس میں 140 ڈگری کا زاویہ بنا رہے تھے جو کہ انتہائی غیر متوقع نتیجہ تھا۔ اس کا مطلب یہ تھا کہ اس تجربے میں 17 میگا الیکٹران وولٹ کی توانائی کہیں 'غائب' ہو رہی تھی۔ ایسا عموماً تب ہوتا ہے جب کوئی ایسا ذرہ بھی پیدا ہو رہا ہو جسے ہمارے ڈیٹیکٹر ڈیٹیکٹ نہیں کر پا رہے۔

دوسرے ریسرچرز نے بھی ان تجربات کو دہرایا اور یہی نتیجہ پایا کہ فوٹان کی توانائی سے قطع نظر الیکٹران اور پوزیٹران کا زاویہ 140 ڈگری ہی رہتا ہے۔ اس مظہر کی صرف ایک توجیہہ ممکن ہے کہ کوئی اور بنیادی ذرہ بھی پیدا ہو رہا ہے جو اس اضافی توانائی کا حامل ہے۔ لیکن اس وقت کوانٹم فزکس کے سٹینڈرڈ ماڈل میں کوئی ایسا بنیادی ذرہ نہیں ہے جو 17 میگا الیکٹران وولٹ توانائی کا حامل ہو۔ اس کا مطلب یہ ہے کہ یہ عین ممکن ہے کہ یہ کوئی نئی قسم کا بوزون ہے جو پہلے کبھی ڈیٹیکٹ نہیں کیا گیا۔ اگر ایسا ہے تو یہ یقیناً کسی ایسی بنیادی قوت کا carrier ہے جو اب تک دریافت نہیں ہو پائی کیونکہ اب تک معلوم تمام قوتوں کے بوزونز کے بارے میں ہم پہلے سے جانتے ہیں۔ اس نئے بوزون کا ماس تقریباً 17 میگا الیکٹران وولٹس ہے جو کہ الیکٹران کے ماس سے 33 گنا زیادہ ہے۔

تاہم اس وقت بیریلیئیم۔8 کے ڈیکے کے علاوہ کسی اور بنیانی تعامل میں 17 میگا الیکٹران وولٹس کا گھپلا نہیں دیکھا گیا تھا اس لیے یہ معلوم نہیں تھا کہ 17 میگا الیکٹران وولٹ کا غائب ہو جانا واقعی کسی نئے بوزون کی موجودگی کی علامت ہے، تجربے کے سیٹ اپ میں کسی خامی کی وجہ سے ہے، یا پھر محض بیریلیئیم۔8 کے ڈیکے سے متعلق ہماری کم علمی کی وجہ سے۔

تاہم اب اسی ٹیم نے یہ تجربہ ہیلیئیم کے ایکسائیٹڈ مرکزوں سے بھی دہرایا ہے۔ ان تجربات میں پیدا ہونے والے الیکٹران اور پوزیٹران کے جوڑے کے درمیان 115 ڈگری کا زاویہ پایا گیا ہے اور اس صورت میں بھی جو توانائی 'غائب' ہو رہی ہے وہ 17 میگا الیکٹران وولٹ ہی ہے۔ دو بالکل الگ تجربات میں دو الگ میٹیریل کے تعاملات میں عین 17 میگا وولٹ کی توانائی کا غائب ہونا اس بات کا بین ثبوت ہے کہ کوئی نیا ذرہ پیدا ہو رہا ہے جس کی توانائی 17 میگا الیکٹران وولٹ ہے۔ کچھ سائنس دانوں کو یہ امید ہو چلی ہے کہ یہ نیا ذرہ ڈارک میٹر کی موجودگی کی ممکنہ وضاحت ہو سکتا ہے۔ ڈارک میٹر کی تلاش کے لیے کیے جانے والے مختلف تجربات میں اس نئے ممکنہ ذرے کی تلاش کا کام شروع کر دیا گیا ہے تاہم ابھی تک اس کا ڈارک میٹر سے کوئی تعلق سامنے نہیں آیا۔

اگر مزید تجربات سے اس نئے بوزون کی موجودگی ثابت ہو گئی تو کوانٹم فزکس کے سٹینڈرڈ ماڈل کو تبدیل کرنا ضروری ہو جائے گا۔ اس وقت سٹینڈرڈ ماڈل کو پچھلی کئی دہائیوں کے تجربات کے بعد ترتیب دیا گیا ہے اور اسے فزکس کے اب تک کے تشکیل دیے گئے ماڈلز میں بہترین ماڈل سمجھا جاتا ہے جس کی تمام پیش گوئیاں درست ثابت ہوئی ہیں۔

اوریجنل آرٹیکل کا لنک:

https://www.sciencealert.com/physicists-claim-a-they-ve-found-even-more-evidence-of-a-new-force-of-nature

پچھلے حصوں کو ڈاؤنلوڈ کرنے کیلئے نیچے دیے گیے بٹن پر کلک کریں۔

Download Part 1

Download Part 2

Download Part 3

Download Part 4

Download Part 5